विज्ञान परिषद् ग्रन्थमाला

संख्या ३

विज्ञान-प्रवेशिका

दूसरा भाग

लेखक

महावीरप्रसाद

बी एस्-सी, एल्. टी विशारद

प्रकाशक

विज्ञान-परिषद् प्रयाग

सरी बार] १९८० [मूल्य १)

सम्पादकीय वक्तव्य

विज्ञान परिषद् ग्रन्थमालाकी तीसरी पुस्तक "विज्ञान प्रवेशिका दूसरा भाग" हिन्दी भाषियोंके सम्मुख उपस्थित की जाती है, आशा है जैसा आदर हिन्दी ससारने प्रथम दो पुस्तकोंका किया वैसा ही इसका भी करेगा। यह पुस्तक जिस उद्देश्यसे लिखी गयी है और इसमें जो विशेषताएं हैं वे नीचे लिखी जाती है —

(१) यह सभी लोग मानते हैं कि जो बात एक बार देख ली जाती है वह जितनी जल्दी चित्तमें जम जाती है उतनी जल्दी कही हुई बात नहीं जमती। यह साधारण अनुभव विज्ञानकी शिक्षा देनेमें अनिवार्य समझा जाता है। इसी सिद्धान्तके अनुसार इस पुस्तकमें जितनी बातें बतलायी गयी हैं सब प्रयोग द्वारा जाची भी गयी हैं। इनको शिक्षार्थी स्वयम् भी जाच सकता है, क्योंकि प्रयोगोंका पूरा पूरा ब्यौरा इतनी सरल और स्पष्ट भाषामें दिया गया है कि इनके अनुसार प्रयोग करनेवालोंको तनिक भी कठिनाई नहीं उत्पन्न हो सकती और बिना किसी शिक्षकके सहारे वे सब प्रयोग कर सकते हैं।

(२) यह सभी जानते हैं कि जिस विषयकी शिक्षाके लिए शिक्षार्थीकी रुचि हृदयसे रहती है वह विषय बहुत जल्द समझमें आ जाता है। इसी सिद्धान्तके अनुसार सदासे शिक्षा प्रणालीमें यह नियम है कि जो विषय पढाना हो उसकी भूमिका बाधी जाय अर्थात् यह बतलाया जाय कि

उस विषयका सम्बन्ध क्या है और उसकी उपयोगिता क्यों है। इसी विचारसे प्रस्तुत पुस्तकमें भी विषयको रोचक बनानेके लिए भूमिका बांधनेका प्रयत्न किया गया है। आशा है कि इससे शुष्क वैज्ञानिक प्रयोग भी रोचक लगेंगे और जनतामें विज्ञान सीखनेकी इच्छा बढ़ेगी।

(३) सिद्धान्त समझ लेनेके पश्चात् उसको पूरी तरह चित्तमें जमानेके लिए अभ्यास करनेकी आवश्यकता होती है, इसलिए ७३ किये हुए और वर्णित प्रयोगोंके सिवा अभ्यासार्थ प्रयोग और प्रश्न भी प्रचुरताके साथ दिये गये हैं, जिनसे यह भी पता लगाया जा सकता है कि एक ही बात कितने प्रकारके प्रयोगों से जानी जा सकती है।

(४) शिक्षा विभागने अंग्रेजीकी सातवीं, आठवीं कक्षाओंमें हिन्दी उर्दू भाषाओंमें वैज्ञानिक शिक्षा देनेका नियम कर दिया है परन्तु उनमें पारिभाषिक शब्द अंग्रेजीमें बतलाये जाते हैं। इस विचारसे कि प्रस्तुत पुस्तक वहां भी काम दे सके हिन्दी पारिभाषिक शब्दोंके साथ साथ कोष्ठ-में अंग्रेजी शब्द भी रख दिये गये हैं, किन्तु इससे केवल हिन्दी जाननेवालोंको कोई कठिनाई नहीं पड सकती। आशा है कि इस प्रबन्धसे अंग्रेजी स्कूलके लडके भी लाभ उठावेंगे। हिन्दी पारिभाषिक शब्दोंका सर्वथा परित्याग सम्भव नहीं है। क्योंकि ऐसे शब्दोंका निर्धारण और व्यवहार विज्ञान परिषद्का एक प्रधान उद्देश्य है।

(५) इस पुस्तकका नाम "विज्ञान प्रवेशिका दूसरा भाग" रखा गया है क्योंकि इसमें ऐसे विषय रखे गये हैं जिनसे पहले पहल जानकारी कर लेना विज्ञानकी प्रत्येक शाखामें प्रवेश करनेवालोंको आवश्यक है। इसीलिए

विषय-सूची

१—लम्बाई

२—क्षेत्रफल

विषय-सूची

१—लम्बाई

२—क्षेत्रफल

३—ठोसका आयतन

४—द्रव पदार्थों का आयतन

५—वेलन, सूची आदिके घनफल

विषय सूची

विषय	पृष्ठ

९—अर्कमीदिसका सिद्धान्त

१०—पदार्थोंपर तापका प्रभाव

१४—वायुमंडल या वातावरणका दबाव

विज्ञान प्रवेशिका

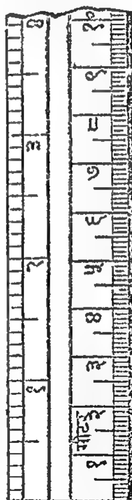
भाग दूसरा

१ लम्बाई

वैज्ञानिक प्रयोगोंमें नापने ऑंकनेका काम बहुत पड़ता है, इसलिए पहिले कुछ रीतियां ऐसी बतलानी चाहिएँ जिनसे यह प्रारम्भिक काम ठीक ठीक किये जा सकें। सबसे पहिला काम दूरी नापनेका है, जिसके लिए गज, गिरह, हाथ, बालिश्त, कोस इत्यादिसे काम लेते हैं। इस तरहकी नापोंको इकाई (unit) कहते हैं। दूरी या लम्बाई नापनेके काममें लाये जानेके कारण इनको लम्बाईकी इकाई (units of length) कहते हैं। इनका प्रयोग हिन्दुस्तानमें ही होता है। इसलिए यह "लम्बाईकी हिन्दुस्तानी इकाइयां" (Indian units of length) भी कहलाती हैं। आजकल गज, फुट, इंच, जरीब, मील नामकी इकाइयां भी लम्बाई नापनेके काममें आती हैं। इनको "लम्बाईकी अंग्रेजी इकाइयां" (British units of length) कहते हैं, क्योंकि ऐसी इकाइयां सारे ब्रिटिश राज्यमें जारी हैं। इसमें माप प्रमाण (Standard unit of measurement) वह दूरी मानी गयी है जो एक प्लेटिनमके छड़के दो चिन्होंके बीचमें है। इसी दूरीको गज (yard) कहते हैं। यह छड़ इस राज्यकी राजधानी लंडनमें (Standards Office) प्रमाण-गृहमें एक सन्दूकमें रखा हुआ है, जिसका

डेसी, सेंटी और मिली का अर्थ क्रमानुसार दसवाँ, सौवाँ और हजारवाँ भाग अथवा दशांश शतांश और सहस्रांश है। इन पदोंका अर्थ समझ लेनेपर इकाइयोंका सम्बन्ध याद रखनेमें कोई कठिनाई नहीं होगी।

इस चित्रसे ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध भली भाँति समझमें आ जाता है।



चित्र १

"इकाई" किसे कहते हैं ?

किसी वस्तुका परिमाण जाननेके-लिए उसी वस्तुके थोड़ेसे अंशको लेकर यह देखते हैं कि ऐसे कितने मिलकर उस कुल परिमाणके बराबर होते हैं। इसी छोटे अंशको इकाई कहते हैं, क्योंकि इसको एक मानकर यह देखा जाता है कि कुल कितना है। इसलिए किसी वस्तुका परिमाण बतलानेके लिए एक छोटे मान अर्थात् इकाई और उस संख्याकी आवश्यकता पड़ती है जिससे प्रकट होता है कि इकाई कितनी बार उस परिमाणमें शामिल है। मानकी इकाई (unit of measurement) जितनी छोटी होगी परिमाण सूचित करनेवाली संख्या उतनी ही बड़ी होगी। मान लो किसी घड़ेमें ५० गिलास पानी भरा हुआ है जहाँ नापनेकी इकाई गिलास

नाप सदैव एकसा रखा जाता है। इसका भेद आगे चलकर खुल जायगा।

गज तीन समान भागोंमें बांटा गया है, प्रत्येक भागको (foot) फुट कहते हैं। फुट बारह समान भागोंमें बांटा गया है, प्रत्येक भागका इंच कहते हैं। इन इकाइयोंका सम्बन्ध यों लिखा जाता है—

१ गज = ३ फुट; १ फुट=१२ इंच; १७६० गज=१ मील।

मेट्रिक मान (Metric system)—ऊपर लिखी हुई ब्रिटिश इकाइया वैज्ञानिक प्रयोगों और पुस्तकोंमें बहुत कम प्रचलित हैं। इनमें दूरी नापनेकी इकाइया मीटर, सेंटीमीटर, मिली-मीटर इत्यादि अधिक काममें लायी जाती हैं। इनका माप-प्रमाण वह दूरी मानी गयी है, जो प्लेटिनमके एक छड़के दो चिन्हाके बीचमें है। यह फ्रांसकी राजधानी पेरिसमें उसी सावधानीसे रखा रहता है जैसा गजवाले माप प्रमाणके विषयमें लिखा जा चुका है। इन दो चिन्होंके बीचकी दूरीको **मीटर** कहते है। इसीलिए इन इकाइयोंको मेट्रिक इकाइयां (Metric units) कहते हैं। इनका चलन फ्रास देशमें सर्वत्र होनेसे यह फ्रेंच इकाइया (French units) भी कहलाती हैं। छोटी बडी इकाइयोंका सबन्ध एक दूसरेसे यह है—

१ मीटर (one metre or 1 m) = १० डेसीमीटर

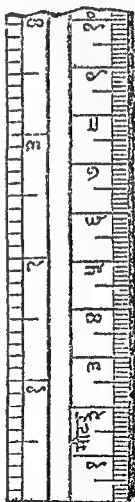
१ डेसीमीटर (one decimetre or 1 dm) = १० सेंटीमीटर

१ सेंटीमीटर (one centimetre or 1 cm) = १० मिलीमीटर (millimetre or mm)

१००० मीटर = १ किलोमीटर (one kilometre)

डेसी, सेंटी और मिलो का अर्थ क्रमानुसार दसवाँ, सौवाँ और हजारवाँ भाग अथवा दशांश शतांश और सहस्रांश है। इन पदोंका अर्थ समझ लेनेपर इकाइयोंका सम्बन्ध याद रखनेमें कोई कठिनाई नहीं होगी।

इस चित्रसे ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध भली भाँति समझमें आ जाता है। चित्र १



"इकाई" किसे कहते हैं ?

किसी वस्तुका परिमाण जाननेके लिए उसी वस्तुके थोड़ेसे अंशको लेकर यह देखते हैं कि ऐसे कितने मिलकर उस कुल परिमाणके बराबर होते हैं। इसी छोटे अंशको इकाई कहते हैं, क्योंकि इसको एक मानकर यह देखा जाता है कि कुल कितना है। इसलिए किसी वस्तुका परिमाण बतलानेके लिए एक छोटे मान अर्थात् इकाई और उस संख्याकी आवश्यकता पड़ती है जिससे प्रकट होता है कि इकाई कितनी बार उस परिमाणमें शामिल है। मानकी इकाई (unit of measurement) जितनी छोटी होगी परिमाण सूचित करनेवाली संख्या उतनी ही बड़ी होगी। मान लो किसी घड़ेमें ५० गिलास पानी भरा हुआ है जहाँ नापनेकी इकाई गिलास

१३—३ सें० मी० ४ मि० मी०, एक मीटरका कौनसा दशमलव भिन्न है?

१४—१५३ सें० मी० का मीटर बनाओ।

१५—१८ मीटर लम्बे रेशमी कपडेके थानका दाम १५) है तो कपडे-का भाव प्रति डेसीमीटर क्या है?

१६—५ मि० मी० को ३ सें० मी० मसे घटाओ और उत्तर मीटरमें लिखो।

१७—दो स्थान एक दूसरेसे ५४·४३ किलोमीटरकी दूरीपर है। यह दूरी मीटरोंमें कितनी होगी?

१८—५ किलोमीटर लम्बे तारमेंसे २·५ सें० मी० लम्बी कितनी सुइयां बनायी जा सकती हैं?

१९—६.६ मीटर लकडीके कुन्देमेंसे १·५ मीटर लम्बे ४ टुकडे काट डाले गये बचे हुए कुन्देमेंसे ३ समान भागोंमें काटनेपर प्रत्येक भाग कितने सेंटीमीटर लम्बा निकलेगा?

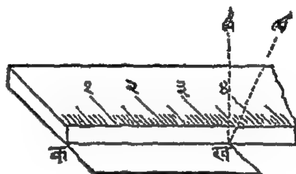
२०—ऊपरके प्रश्नमें मनमानी लकडीके यदि १० समान भाग किये जाय और प्रत्येक काटके चौरेमें २·५ मिलीमीटर लकडी बुरादेके रूपमें व्यर्थ निकल जाय तो प्रत्येक भाग कितना लम्बा होगा?

दूरी नापनेकी रीतियां

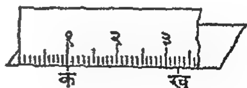
किसी वस्तुकी लम्बाई अर्थात् एक किनारेसे दूसरे किनारेकी दूरी नापनेके लिए लडके बहुधा मीटर-रूलको इस प्रकार रखा करते हैं जैसा चित्र २ से प्रकट होता है। ऐसा करनेमें वह स्वयम् इस कठिनाईमें पड जाते हैं कि मीटर-रूलका कौनसा चिन्ह पढा जाहिये, क्योंकि किनारे पर कभी एक चिन्ह देख पड़ता है और कभी उसकी बगलवाला। इसका कारण यह है कि विन्दु (लम्बाईका सिरा) और रूलके चिन्होंके बीच कुछ दूरी रूलके मोटे होनेके कारण अवश्य रहती है, जिससे शुद्ध पढ़नेमें कठिनाई पड़ती है।

ऐसी अशुद्धताको लम्बनकी भूल वा अशुद्धता (error of parallax) कहते हैं। परन्तु यदि रूल चित्र १ की भांति रखा जाय जिससे रूलके चिह्न और विन्दु (रेखाके सिरे) बिल्कुल मिले रहें तो चाहे आंख ठीक ऊपर रहे चाहे इधर उधर, विन्दु ठीक उसी चिह्नसे मिला हुआ दिखाई पड़ेगा जिसपर वह यथार्थमें है, इसलिए अशुद्धता किसी प्रकार नहीं हो सकती, और न यही सोचना पड़ता है कि कौनसा चिह्न पढ़ें। लम्बाई नापनेमें इस बातका ध्यान सदैव रखना चाहिये।

दूसरी बात स्मरण रखने योग्य यह है कि रूलके आरम्भवाले चिह्नका (शून्य चिह्न zero point) कभी न प्रयोग करना चाहिये क्योंकि रूलके सिरे काम करते करते घिस जाते हैं और ठीक ठीक लम्बाई नहीं सूचित करते, इसलिए रेखाके सिरे पर कोई और चिह्न रखना चाहिये। (चित्र २)।



चित्र २



चित्र १

कभी कभी दूसरे सिरेवाला विन्दु रूलके किसी ठीक चिह्नपर न पड़कर दो चिह्नोंके बीचमें पड़ता है, जैसे ...

में 'क ख' रेखाका 'ब' सिरेवाला विन्दु ३.२ और ३.३ सें० मी० के बीचमें है। यदि प्रश्नमें यह पूछा गया हो कि लम्बाई निकटतम मि० मी० तक क्या है तो केवल यह देखना होगा कि 'ब' विन्दु किस चिह्नके पास है। यदि ३.२ और ३.३ के बीचों बीच हो तो ३.३ समझना चाहिये, इन दोनों चिन्होंके बीचवाले विन्दुसे ३.२ की ओर हटा हो तो ३.२ और ३.३ की ओर हटा हो तो ३.३ पढ़ना होगा। परन्तु यदि यह पूछा जाय कि निकटतम दशांश मिली मीटरतक लम्बाई क्या होगी, तो ३.२ और ३.३ के बीचकी दूरीको मानसिक ५ भागोंमें विभक्त करके यह देखना चाहिये कि ऐसे कितने भागोंके बाद सिरेवाला विन्दु पड़ता है। एक भागके बाद पड़ता हो तो ३.२२ सें० मी०, २ भागके बाद पड़ता हो तो ३.२४ सें० मी० इत्यादि समझ लेना होगा। आगे जहाँ कहीं मीटर-रूल या इसी प्रकारके और किसी गजसे नापनेका काम लिया जाय वहाँ इन सब बातोंका ध्यान रखना चाहिये।

प्रयोग १—दो विन्दुओंकी दूरी निकालना।

(अ) विन्दुओंकी दूरी मीटर-रूलकी लम्बाईसे कम हो तो ऊपर लिखी हुई विधि उपयुक्त होगी परन्तु (इ) विन्दुओं की दूरी मीटर-रूलसे अधिक होनेपर पहिले एक ऐसी सीधी रेखा खींच लेनी चाहिये जो दोनों विन्दुओंको मिलाती हो, फिर उस रेखाको २,३ भागोंमें विभक्त करके प्रत्येक भाग की लम्बाई पूर्ववत् निकाल कर जोड़ देनी चाहिये, योगफल उन दोनों विन्दुओंकी दूरी होगी।

१ साधारणतः बड़ी बड़ी दूरी नापनेके लिए उनको विभक्त नहीं करते। मीटर रूलके एक सिरेको दूरीके प्रथम विन्दु

पर रखते हैं और जहां दूसरा सिरा पहुँचता है वहां नोकीली पेन्सिलसे एक चिह्न बना देते हैं। इस चिह्नपर मीटर-रूल-के पहले सिरेको रख देनेसे दूसरा सिरा जहाँ पहुँचता है वहां फिर एक चिह्न बना देते हैं। इस तरह दूरीका दूसरा सिरा मीटर-रूलके किसी चिन्हपर पहुँच जाता है। जितनी बार चिन्ह बनाना पड़ता है उतने ही पूरे मीटर और जिस चिन्हपर दूसरा बिन्दु पड़ता है उतने स० मीटर और मिली-मीटर उन दोनों बिन्दुओंकी दूरी हुई। ऐसा करने में जो अशुद्धि मीटर-रूलके खिसकने के कारण हो सकती है वह अवश्य होती है, किन्तु बड़ी दूरीके नापने में इस जरा सी अशुद्धिका बहुत कम विचार किया जाता है।

सम्भव है कि एक बारके नापनेमें कोई भूल हो गयी हो, इसलिए दूसरी बार और तीसरी बार भी इसी प्रकार नाप लेना चाहिये। यदि किसी बारका उत्तर बहुत अधिक या बहुत कम हो तो उसे छोड़ देना चाहिये और एक बार फिर नाप कर सन्देह मिटा लेना चाहिये। फिर ऐसे क्रम तीन बारकी नापको जोड़ कर योग फलको तीनसे भाग देना चाहिये और भजन फलको उचित उत्तर समझना चाहिये। इस विधिको (average) औसत निकालना कहते हैं। औसत निकालनेका कारण यह है—प्रत्येक बारके नापने में लम्बाई एक ही नहीं आती, वरन् किसी बार दो एक मिलीमीटर अधिक और किसी बार कम। ऐसी दशामें किसी एकका शुद्ध मान लेना अनुचित है, परन्तु यदि कुल नापोंकी औसत निकाल ली जाय, तो औसत नापको उचित उत्तर समझ लेनेमें कोई विशेष हानि नहीं होती। नापोंको इस प्रकार दर्ज करना चाहिये—मानलो कि एक दूरी के नापनेमें यह संख्यायें मिलीं-

पहली नाप——२३३·४ सें० मी०
दूसरी नाप——२३३·५ ,,
तीसरी नाप——२३३·५ सें० मीटर
∴ दूरी २३३·५ सें० मी० है।

नोट—एक ही प्रकारकी इकाईमें लिये हुए परिमाणोंकी औसत निकालनेके लिए उन परिमाणोंको जोड़ कर जितने परिमाण हों उस संख्यासे भाग देना चाहिये। भजनफल औसत परिमाण होगा।

नोट—औसत निकालने में भजनफलको उस दशमलव स्थानसे अधिक न ले जाना चाहिये जिस स्थान तक शुद्धतापूर्वक यथार्थमें नाप सकते हों; इससे अधिक स्थानतक ले जानेमें कोई शुद्धता नहीं प्रकट हो सकती। मान लो ५·७४ सें० मी०, ५·७८ सें० मी० और ५·७५ सें० मी० की औसत निकालनी है, यथार्थमें इनकी औसत ५·७५६ सें० मी० हुई, परन्तु उत्तरमें यह लिखना भूल है, क्योंकि कोई मनुष्य केवल मीटर-रूलके द्वारा दसवें मिली मीटरसे भी कम दूरीको नहीं निकाल सकता। फिर औसतमें सौवें मिलीमीटर तक दिखलाना असम्भवको सम्भव बतलाना है, जो अनुचित है। इसलिए औसत लम्बाई ५·७५६ सें० मी० के स्थान ५·७६ सें० मी० लिखनी चाहिये, क्योंकि ५·७५६ ५·७६ के पास है और ५·७५० से दूर।

प्रयोग २—ब्रिटिश और मेट्रिक लम्बाईकी इकाइयों का सम्बन्ध निकालना।

(क) मीटर-रूलमें एक ओर ब्रिटिश इकाइयों (इंच और दशांश इंचों) के चिन्ह बने [illegible] दूसरी [illegible] क
इकाई [illegible] टर और [illegible] चिन्ह
और [illegible] इयों के [illegible] हैं
है। [illegible] हो
[illegible] ने सेंटी
[illegible]

...है कि एक इंच में कितने सें० मी०
इंच होते हैं।
...खाए खींचकर प्रत्येककी लम्बाई
...ों जितनी शुद्धतापूर्वक निकाल

...ाकर उत्तर इस प्रकार लिखो—

	लम्बाई सेंटीमीटरोंमें	एक इंचमें सेंटीमीटरों की संख्या
	औसत	

...ा को उसी सीधमेंकी दूसरे खाने-
...पर जो संख्या मिलती है वही चौथे
...ो।
...ाओंके साथ करो और चौथे खाने
...सत निकालो। यह औसत १ इंचमें
...गी।
...छोटे टुकड़े कैंचीसे ऐसे काटो कि
...नकी लम्बाई इंचों और सेंटीमीटरों
...वाली विधिसे खाने खींचकर एक
...मीटर में निकालो।
...भूल न हुई होगी तो यह बात
...१ इंचमें २.५४ सें० मीटर होते हैं।

उदाहरण १—२ फुट ३ इञ्चको मीटर में प्रकट करो।

२ फुट ३ इञ्च=२×१२+३ इञ्च
=२७ इञ्च
१ इञ्च=२.५४ सें० मीटर
२७ इञ्च=२७×२.५४ सें० मी०
=६८.५८ सें० मी०
=६.८५८ डे० मी०
=.६८५८ मीटर

उदाहरण २—१ गज ३.५४ इञ्चके सें० मीटर बनाओ।

१ गज ३.५४ इञ्च=१×३×१२+३.५४ इञ्च
=३९.५४ इञ्च
१ इञ्च=२.५४ सें० मी०
३९.५४ इञ्च=३९.५४×२.५४ सें० मी०
=१००.४३१६ सें० मीटर
=१००.४३ सें० मीटर

उदाहरण ३—४.५ डे० मी० कितने इञ्चके बराबर होते हैं?

४.५ डेसीमीटर=४५ सेंटीमीटर
२.५४ सेंटीमीटर=१ इंच
४५ सें० मीटर=$\frac{४५}{२.५४}$ इञ्च
=१७.७१६ इञ्च
=१७.७२ इञ्च (दशमलवके दूसरे स्थानतक शुद्ध)

उपरके उदाहरणमें १००.४३१६ के स्थान में १००.४३ रख लिया गया और .००१६ को छोड़ दिया था, परन्तु तीसरेमें दशमलवके तीसरे स्थानवाले ६ को छोड़ तो दिया किन्तु दूसरे स्थान वाले १ को बढ़ाकर २ कर दिया, यह क्यों?

इस प्रश्नका सम्बन्ध अंकगणित (arithmetic) से है। इसलिए यह संदेह अंकगणितकी किसी अच्छी पुस्तकसे

पढ़नेसे दूर हो जायगा। यह थोड़ेमें बतला दिया जाता है। दूसरे उदाहरणमें ४२·७६ की जगह ४३·०० अथवा ४३, दो दशमलव स्थानतक शुद्धता जाननेके लिए ठीक माना गया क्योंकि ४२·७६, ४३·०० के पास है और ४४·०० से बहुत दूर। परन्तु तीसरे उदाहरणमें १७·७१६ की जगह १७·७२ अथवा १७·७२० लिया गया क्योंकि यह १७·७२०, १७·७१६ के पास है और १७·७१० बहुत दूर। यदि १७·७१६ की जगह १७·७१५ होता तो इसके लिए १७·७१० और १७·७२० दोनों समान अन्तरपर ऊपर नीचे होते और दोनोंमें किसी एकका लेना नियमके अनुकूल होता, परन्तु तो भी १७·७२ ही अधिक अच्छा समझा जाता है क्योंकि दशमलवके तीसरे या चौथे स्थानतक यदि नापना सम्भव हो तो १७·७२ ही निकटतर होगा। इसलिए यह नियम बना लिया गया है, "जिस दशमलव स्थानतक उत्तर निकालना हो उसके एक स्थान आगेका अङ्क यदि ५ या ५ से अधिक हो तो उत्तरके अन्तवाले स्थानके अङ्कमें १ बढ़ा देना चाहिये अन्यथा नहीं"।

अभ्यासार्थ प्रश्न—२

१—५·३ इंचको मिलीमीटरोंमें लाओ।

२—२·७ डेसीमीटरमें कितने फुट होते हैं? उत्तर तीन दशमलवके स्थानतक शुद्ध हो।

३—इलाहाबादसे मिरजापुरकी दूरी ५६ मील है। यही दूरी किलोमीटरोंमें कितनी होगी? उत्तर दो दशमलवके स्थानतक शुद्ध हो।

४—(क) एक मिलीमीटर १ इंचका, (ख) १ डेसीमीटर १ फुटका और (ग) एक सं० मी० २ इंचका कौनसा भिन्न है?

५—एक दीवार २१ फुट लम्बी १३ फुट ऊँची और १½ फुट मोटी है तो इसकी लम्बाई, ऊँचाई और मोटाई सेंटीमीटरोंमें क्या होगी?

उदाहरण १—२ फुट ३ इंचको मीटर में प्रकट करो।

२ फुट ३ इंच=२×१२+३ इंच
=२७ इंच
१ इंच=२·५४ सें० मीटर
२७ इंच=२७×२·५४ सें० मी०
=६८·५८ सें० मी०
=६·८५८ डे० मी०
=·६८५८ मीटर

उदाहरण २—१ गज ३·५४ इंचके सें० मीटर बनाओ।

१ गज ३·५४ इंच=१×३×१२+३·५४ इंच
=३९·५४ इंच
१ इंच=२·५४ सें० मी०
∴ ३९·५४ इंच=३९·५४×२·५४ सें० मी०
=१००·४३१६ सें० मीटर
=१००·४३ सें० मीटर

उदाहरण ३—४·५ डे० मी० कितने इंचके बराबर होते हैं?

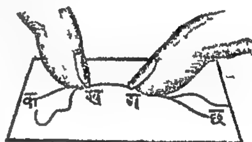
४·५ डेसीमीटर=४५ सेंटीमीटर
२·५४ सेंटीमीटर=१ इंच
४५ सें० मीटर=$\frac{४५}{२·५४}$ इंच
=१७·७१६ इंच
=१७·७२ इंच (दशमलवके दूसरे स्थानतक शुद्ध)

दूसरे उदाहरणमें १००·४३१६ के स्थान में १००·४३ रख लिया था और ·००१६ को छोड़ दिया था परन्तु तीसरेमें दशमलवके तीसरे स्थानवाले ६ को छोड़ तो दिया किन्तु दूसरे स्थान वाले १ को बढ़ाकर २ कर दिया, यह क्यों?

इस प्रश्नका सम्बन्ध अंकगणित (arithmetic) से है। इसलिए यह संदेह अंकगणितकी किसी अच्छी पुस्तकसे

फिर आ जाय। यही क्रिया उस समयतक करते जाओ जब तक रेखाके दूसरे सिरपर न पहुँच जाओ। ऐसा करनेसे जितने भाग बन गये हों, उस संख्याको दोनों नोकोंकी दूरीसे गुणा कर दो यही उस रेखाकी लम्बाई होगी। इस विधिमें दोष यह है कि नोकोंसे कागजमें छोटे छोटे छिद्र हो जाते हैं जिससे कागज बिगड़ जाता है।

(आ) एक पतले डोरेको लेकर उसके एक सिरेको कैंची से खूब सफाईसे काट लो जिससे कोई रेशा उभरा न रहे। डोरेके इस सिरेको वक्र रेखाके एक सिरेपर रख दो और थोडी दूरतक डोरेको रेखाके ऊपर, (न बहुत कसा हुआ न बहुत ढीला,) ले जाओ और वहाँ दाहिने हाथके अंगूठेके (अथवा जिस अंगुलीसे सुभीता पड़े उसके) नखसे डोरेको दबा दो। फिर सावधानीसे बायें हाथकी किसी अंगुलीके नखसे उसी स्थानपर दबाकर दाहिने हाथसे



चित्र ५

डोरेको आगे बढ़ाओ और उपर्युक्त क्रिया करते जाओ। जिस स्थानपर डोरा रेखाके दूसरे सिरेतक पहुँच जाय वहां एक चिह्न बनादो और सिरेसे इस चिह्नतककी डोरेकी लम्बाई मीटर-रूलसे नाप लो। डोरेको नापते समय भी बहुत कसकर खींचना या ढीला रखना उचित नहीं है। इसी प्रकार उस रेखाको कमसे कम तीन बार नापो और सब नापोंकी औसत* निकालो।

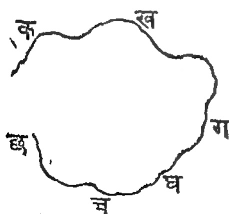
---

* नापोंके लिखने और औसत निकालनेके लिए जैसा पहिली बार

६—एक टुकड़ा कागज़ ६३ इंच लम्बा है। ३·५ सें० मी० लम्बे कितने टुकड़े काटे जा सकते हैं और कितना कागज़ बच रहेगा? उत्तर मिलीमीटरोंमें लिखना चाहिये।

प्रयोग ३—किसी वक्र रेखा (Curved line) की लम्बाई निकालना।

मान लो क ख ग घ च छ, एक वक्र रेखा है जिसकी लम्बाई नापना है। इस रेखाके 'क ख ग' अंशपर थोड़ी थोड़ी दूरपर बिन्दु रखे जांय तो यह स्पष्ट देख पड़ेगा कि किसी दो बिन्दुओंके बीचकी रेखा सीधी है, यथार्थमें यह सीधी नहीं है तथापि किन्हीं दो बिन्दुओंके बीचकी सीधी रेखाकी लम्बाई और उन्हींके बीचवाले वक्र रेखाके अंशकी लम्बाईमें इतना कम अन्तर है कि यह अन्तर नहींके बराबर समझनेमें कोई हानि नहीं हो सकती। इसी कारण वक्र रेखाकी लम्बाई नापनके लिए उसके छोटे छोटे अंशोंको सीधी रेखा मानकर नापते हैं और इन कुल छोटे छोटे अंशोंकी लम्बाइयोंको जोड़ देते हैं। योगफलको वक्र रेखाकी लम्बाई समझते हैं। छोटे अंशोंकी लम्बाई नापनेकी रीति साधारणतः यों है—

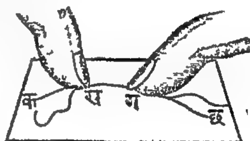


चित्र ४

(अ) (dividers) परकारकी दोनों नोकोंको २, ३ अथवा ४ मिली-मीटरकी दूरीपर कर लो। एक नोकको वक्र रेखाके एक सिरेपर करके दूसरी नोकको रेखापर रखो और इसको उसी बिन्दुपर स्थिर करके पहिली नोकको घुमाओ, जिसमें यह रेखापर

फिर आ जाय। यही क्रिया उस समयतक करते जाओ जब तक रेखाके दूसरे सिरेपर न पहुँच जाओ। ऐसा करनेसे जितने भाग बन गये हों, उस संख्याको दोनों नोकोंकी दूरीसे गुणा कर दो यही उस रेखाकी लम्बाई होगी। इस विधिमें दोष यह है कि नोकोंसे कागजमें छोटे छोटे छिद्र हो जाते हैं जिससे कागज बिगड़ जाता है।

(आ) एक पतले डोरेको लेकर उसके एक सिरेको कैंची से खूब सफाईसे काट लो जिससे कोई रेशा उभरा न रहे। डोरेके इस सिरेको बक रेखाके एक सिरेपर रख दो और थोड़ी दूरतक डोरेको रेखाके ऊपर, (न बहुत कसा हुआ न बहुत ढीला,) ले जाओ और वहीं दाहिने हाथके अंगूठेके (अथवा जिस अंगुलीसे सुभीता पड़े उसके) नखसे डोरेको दबा दो। फिर सावधानीसे बायें हाथकी किसी अंगुलीके नखसे उसी स्थानपर दबाकर दाहिने हाथसे



चित्र ५

डोरेको आगे बढ़ाओ और उपर्युक्त क्रिया करते जाओ। जिस स्थानपर डोरा रेखाके दूसरे सिरेतक पहुँच जाय वहां एक चिह्न बनादो और सिरेसे इस चिह्नतककी डोरेकी लम्बाई मीटर-रूलसे नाप लो। डोरेको नापते समय भी बहुत कसकर खींचना या ढीला रखना उचित नहीं है। इसी प्रकार उस रेखाको कमसे कम तीन बार नापो और सब नापोंकी औसत* निकालो।

* नापोंके लिखने और औसत निकालनेके लिए जैसा पहिले बार

डोरा वक्र रेखासे छोटा हो तो दूसरे सिरेको भी कैंची-से साफ काट लो और यह सिरा वक्र रेखाके जिस विन्दुपर पहुँचे वहाँ एक चिह्न बना दो। इस चिह्नसे आरम्भ करके उसी डोरेसे फिर नापो। जब रेखाका दूसरा सिरा पहुंच जाय डोरेपर चिह्न बना दो। एक बार पूरे डोरेको नाप लो, फिर उस चिह्न तक नापो। इन दोनों नापोका योगफल वक्र रेखाकी लम्बाई होगी।

प्रयोग ४—किसी (circle) वृत्त परिधि (circumference) की लम्बाई नापना और इस लम्बाईको उसी वृत्तके (diameter) व्यास की लम्बाईसे भाग देकर यह देखना कि परिधि व्याससे कितने गुना लम्बी होती है।

परिधि एक ऐसी गोल रेखा है जिसके सिरे नहीं होते। इसलिए जहाँसे नापना आरम्भ करो वहा एक चिन्ह बना दो और ऊपर बतायी हुई विधिसे नापते जाओ। जब इसी चिह्नपर फिर पहुंचो, डोरेमें चिह्न लगा दो और इसकी लम्बाई नापलो। व्यासका नापनेके लिए मीटर रूलको ऐसा रखो कि वह (centre) केन्द्रसे जाता हुआ परिधिपर पड़े। मीटर रूलके जो चिह्न परिधिपर हों उनके बीचकी दूरी निकाल लो। इसी प्रकार ४,५ असमान वृत्त खींचकर प्रत्येक-की परिधि और व्यास नापो और परिधिकी लम्बाईको उसीके व्यासकी लम्बाईसे भाग दो। उत्तरोंको इस प्रकार लिखो —

बतलाया जा चुका है, वैसा ही सदैव करना चाहिये। बार बार इसी रीति को बतलाना आवश्यक नहा है।

वृत्त	परिधिकी लम्बाई	व्यासकी लम्बाई	परिधि / व्यास
(१)	सें० मी०	सें० मी०	
(२)	"	"	
(३)	"	"	
(४)	"	"	
		औसत	

कहीं भूल और असावधानी न हुई होगी तो चौथे खानेका प्रत्येक उत्तर ३.१४ होगा। अर्थात् किसी वृत्तकी परिधि उसीके व्यासका ३.१४ गुनी होती है। इस सम्बन्धको "π" चिह्नसे प्रकट करते हैं और इसको 'पाई' कहते हैं।

बीजगणितके सकेतोंमें यदि किसी वृत्तकी परिधिको 'प' मानें और उसके व्यासको 'व' तो परिधि और व्यासके सम्बन्धको इस प्रकार प्रकट कर सकते हैं—

प = ३.१४ व, अथवा प = π व

= π × २ त्र

= २ π त्र

(यहां त्र त्रिज्या वा अर्धव्यासको सूचित करता है।)

जब किसी सम्बन्धको सकेतों द्वारा सूचित किया जाता है तब उस सकेतको उस सम्बन्ध का (formula) गुर कहते हैं। इसलिए प = π व एक गुर है जो किसी वृत्तको परिधि और उसके व्यासका सम्बन्ध सूचित करता है।

उदाहरण १—एक छतरी परिधि १२.१४ सें० मी० है तो उसका व्यास कितना लम्बा है ?

डोरा वक्र रेखासे छोटा हो तो दूसरे सिरेको भी कैंची-से साफ काट लो और यह सिरा वक्र रेखाके जिस विन्दुपर पहुँचे वहां एक चिह्न बना दो। इस चिह्नसे आरम्भ करके उसी डोरेसे फिर नापो। जब रेखाका दूसरा सिरा पहुंच जाय डोरेपर चिह्न बना दो। एक बार पूरे डोरेको नाप लो, फिर उस चिह्न तक नापो। इन दोनों नापोंका योगफल वक्र रेखाकी लम्बाई होगी।

प्रयोग ४—किसी (circle) वृत्त परिधि (circumference) की लम्बाई नापना और इस लम्बाईको उसी वृत्तके (diameter) व्यास की लम्बाईसे भाग देकर यह देखना कि परिधि व्याससे कितना गुना लम्बी होता है।

परिधि एक ऐसी गोल रेखा है जिसके सिरे नहीं होते। इसलिए जहांसे नापना आरम्भ करो वहां एक चिन्ह बना दो और ऊपर बतायी हुई विधिसे नापते जाओ। जब इसी चिह्नपर फिर पहुँचो, डोरेमें चिह्न लगा दो और इसकी लम्बाई नापलो। व्यासको नापनेके लिए मीटर रूलको ऐसा रखो कि यह (centre) केन्द्रसे होता हुआ परिधिपर पड़े। मीटर रूलके जो चिह्न परिधिपर हों उनके बीचकी दूरी निकाल लो। इसी प्रकार ४,५ असमान वृत्त खींचकर प्रत्येक की परिधि और व्यास नापो और परिधिकी लम्बाईको उसीके व्यासकी लम्बाईसे भाग दो। उत्तरोंको इस प्रकार लिखो —

बतलाया जा चुका है, वैसा ही सदैव करना चाहिये। बार बार उसी रीति-को बतलाना आवश्यक नहीं है।

वृत्त	परिधिकी लम्बाई	व्यासकी लम्बाई	परिधि / व्यास
(१)	सें० मी०	सें० मी०	
(२)	"	"	
(३)	"	"	
(४)	"	"	
		औसत	

कहीं भूल और असावधानी न हुई होगी तो चौथे खानेका प्रत्येक उत्तर ३·१४ होगा। अर्थात् किसी वृत्तकी परिधि उसीके व्यासका ३·१४ गुनी होती है। इस सम्बन्धको "π" चिह्नसे प्रकट करते हैं और इसको 'पाई' कहते हैं।

बीजगणितके संकेतोंमें यदि किसी वृत्तकी परिधिको 'प' माने और उसके व्यासको 'व' तो परिधि और व्यासके सम्बन्धको इस प्रकार प्रकट कर सकते हैं—

प = ३·१४ व, अथवा प = π व

= π × २ त्र

= २ π त्र

(यहां त्र त्रिज्या वा अर्धव्यासको सूचित करता है।)

जब किसी सम्बन्धको संकेतों द्वारा सूचित किया जाता है तब उस संकेतको उस सम्बन्ध का (formula) गुर कहते हैं। इसलिए प = π व एक गुर है जो किसी वृत्तकी परिधि और उसके व्यासका सम्बन्ध सूचित करता है।

उदाहरण १—एक वृत्तकी परिधि १७·१४ सें० मी० है तो उसका व्यास कितना लम्बा है?

डोरा वक्र रेखासे छोटा हो तो दूसरे सिरेको भी कैंचीसे साफ काट लो और यह सिरा वक्र रेखाके जिस विन्दुपर पहुंचे वहां एक चिह्न बना दो। इस चिह्नसे आरम्भ करके उसी डोरेसे फिर नापो। जब रेखाका दूसरा सिरा पहुंच जाय डोरेपर चिह्न बना दो। एक बार पूरे डोरेको नाप लो, फिर उस चिह्न तक नापो। इन दोनों नापोंका योगफल वक्र रेखाकी लम्बाई होगी।

प्रयोग ८—किसी (circle) वृत्त परिधि (circumference) की लम्बाई नापना और इस लम्बाईको उसी वृत्तके (diameter) व्यासकी लम्बाईसे भाग देकर यह देखना कि परिधि व्याससे कितने गुना लम्बी होती है।

परिधि एक ऐसी गोल रेखा है जिसके सिरे नहीं होते। इसलिए जहांसे नापना आरम्भ करो, वहां एक चिन्ह बना दो और ऊपर बतायी हुई विधिसे नापते जाओ। जब इसी चिह्नपर फिर पहुंचो, डोरेमें चिह्न लगा दो और इसकी लम्बाई नापलो। व्यासको नापनके लिए मीटर रूलको ऐसा रखो कि गड्ढ (centre) केन्द्रसे होता हुआ परिधिपर पड़े। मीटर-रूलके जो चिह्न परिधिपर हों उनके बीचकी दूरी निकाल लो। इसी प्रकार ४,५ अनुमान वृत्त खींचकर प्रत्येक की परिधि और व्यास नापो और परिधिकी लम्बाईको उसीके व्यासकी लम्बाईसे भाग दो। उत्तरोंको इस प्रकार लिखो —

बतलाया जा चुका है, वैसा ही सदैव करना चाहिये। बार बार उसी रीति को बतलाना आवश्यक नहीं है।

वृत्त	परिधिकी लम्बाई	व्यासकी लम्बाई	परिधि / व्यास
(१)	सें० मी०	सें० मी०	
(२)	"	"	
(३)	"	"	
(४)	"	"	
		औसत	

कहीं भूल और असावधानी न हुई होगी तो चौथे खाने-का प्रत्येक उत्तर ३.१४ होगा। अर्थात् किसी वृत्तकी परिधि उसीके व्यासका ३.१४ गुनी होती है। इस सम्बन्धको "π" चिह्नसे प्रकट करते हैं और इसको 'पाई' कहते हैं।

बीजगणितके संकेतोंमें यदि किसी वृत्तकी परिधिको 'प' मानें और उसके व्यासको 'व' तो परिधि और व्यासके सम्बन्धको इस प्रकार प्रकट कर सकते हैं—

प = ३.१४ व, अथवा प = π व

= π × २ त्र

= २ π त्र

(यहां त्र त्रिज्या या अर्धव्यासको सूचित करता है।)

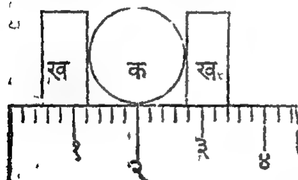
जब किसी सम्बन्धको संकेतों द्वारा सूचित किया जाता है तब उस संकेतको उस सम्बन्ध का (formula) गुर कहते हैं। इसलिए प = π व एक गुर है जो किसी वृत्तकी परिधि और उसके व्यासका सम्बन्ध सूचित करता है।

उदाहरण १—एक वृत्तकी परिधि १२.१२ सें० मी० है तो व्यास कितना लम्बा है?

१२—एक घोडा एक खूटेसे बाधा गया है, जब रस्सीको खूब तानकर चरता है तब खूटेसे १७ गजकी दूरीतककी घास चर पाता है। बतलाओ वह घोडा कितनी गोल भूमिकी घास चर सकता है।

गोल वस्तुओंके नापनेकी रीतियां

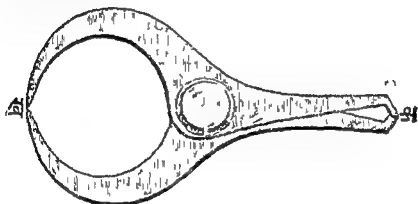
अभीतक केवल रेखाओंके नापनेकी रीतिया बतलायी गयी है। परन्तु इन्हींमें नापनेका काम खतम नहीं हो जाता। बहुत से ऐसे ठोस पदार्थ हैं जिनके नापनेका काम बहुधा पडा करता है जैसे किसी बेलनकी (cylinder) मोटाई वा किसी नलके छेदकी चौडाई वा किसी गोलेकी ऊचाई इत्यादि। बेलन और गोलेका व्यास मीटर रूल और दो लकडीके सीधे टुकडोसे बडी आसानीके साथ नापा जा सकता है जैसा चित्र ६ से प्रकट होता है—



चित्र ६

इस चित्रमें मीटर रूलकी बगलमें क बेलन समतल मेजपर ऐसा रखा गया कि वह मीटर रूलको स्पर्श किये हुए है; इसको स्पर्श करते हुए दो लकडीके सीधे टुकडे ख ऐसे रखे हुए है कि इनके सिरे रूलके चिन्हों-पर पहुचते हैं। बेलनको स्पर्श करनेवाले दो किनारे मीटर-रूलके चिन्होंपर पहुचते है उन चिन्होंके बीचकी दूरी बेलनका व्यास है। यदि बेलनके स्थानमें गोला रखा जाय तो इसी भांति इसका व्यास भी नापा जा सकता है।

परन्तु नलके छेदकी मोटाई ऊपरवाली विधिसे नहीं नापी जा सकती। इसके लिए एक विशेष यन्त्र काममें लाया जाता है जिसका चित्र यह है—



चित्र ७

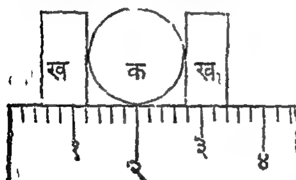
चित्र ७—बाहरी और भीतरी व्यास नापनेका परकापरकार (callipers) या कैलीपर।

बाहरी व्यास नापनेके लिए केलीपरके 'ख' मुहको खोलो और इतना फैला लो कि नल या बेलन इसमेंसे आ जा सके। इसके बाद धीरे धीरे 'क' दस्तेको दबाओ और जब मुंह इतना खुला रह जाय कि बेलन दोनों नोंकोंको स्पर्श करते हुए निकल सके तब दबाना बन्द कर दो। याद रखो, मुंहके बहुत छोटा हो जानेपर बेलन खरोंच जायगा और व्यासकी लम्बाई ठीक न मालूम होगी। दोनों नोंकोंको मीटर-रूलपर रखो और इनके बीचकी दूरी नाप लो। यही नलका बाहरी व्यास होगा। इसी प्रकार कई स्थानोंमें केलीपर लगाकर व्यासकी लम्बाई नापो और सबकी औसत निकालो। नापों-को इस प्रकार लिखो—

१२—एक घोड़ा एक खूंटेसे बांधा गया है, जब रस्सीको खूब तानकर चरता है तब खूंटेसे १७ गजकी दूरीतककी घास चर पाता है। बतलाओ वह घोड़ा कितनी गोल भूमिकी घास चर सकता है।

गोल वस्तुओंके नापनेकी रीतियां

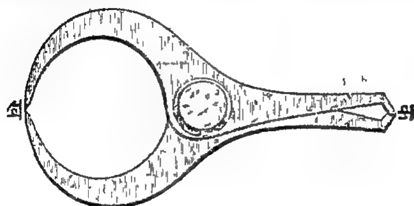
अभीतक केवल रेखाओंके नापनेकी रीतियां बतलायी गयी हैं। परन्तु इन्हींमें नापनेका काम खतम नहीं हो जाता। बहुत से ऐसे ठोस पदार्थ हैं जिनके नापनेका काम बहुधा पड़ा करता है जैसे किसी बेलनकी (cylinder) मोटाई या किसी नलके छेदकी चौड़ाई या किसी गोलेकी ऊंचाई इत्यादि। बेलन और गोलेका व्यास मीटर रूल और दो लकड़ीके सीधे टुकड़ोंसे बड़ी आसानीके साथ नापा जा सकता है जैसा चित्र ६ से प्रकट होता है—



चित्र ६

इस चित्रमें मीटर रूलकी बगलमें क बेलन समतल मेज-पर ऐसा रखा गया कि वह मीटर रूलको स्पर्श किये हुए है; इसको स्पर्श करते हुए दो लकड़ीके सीधे टुकड़े ख ऐसे रखे हुए हैं कि इनके सिरे रूलके चिन्हों-पर पहुंचते हैं। बेलनको स्पर्श करनेवाले जो किनारे मीटर-रूलके चिन्होंपर पहुंचते हैं उन चिन्होंके बीचकी दूरी बेलनका व्यास है। यदि बेलनके स्थानमें गोला रखा जाय तो इसी भांति इसका व्यास भी नापा जा सकता है।

परन्तु नलके छेदकी मोटाई ऊपरवाली विधिसे नहीं नापी जा सकती। इसके लिए एक विशेष यन्त्र काममें लाया जाता है जिसका चित्र यह है—



चित्र ७

चित्र ७—बाहरी और भीतरी व्यास नापनेका कालापास (callipers) या कैलीपर।

बाहरी व्यास नापनेके लिए कैलीपरके 'ख' मुहको खोलो और इतना फैला लो कि नल या बेलन इसमेंसे आ जा सके। इसके बाद धीरे धीरे 'क' दस्तेको दबाओ और जब मुह इतना खुला रह जाय कि बेलन दोनों नोंकोंको स्पर्श करते हुए निकल सके तब दबाना बन्द कर दो। याद रखो, मुँहके बहुत छोटा हो जानेपर बेलन खरोंच जायगा और व्यासकी लम्बाई ठीक न मालूम होगी। दोनों नोंकोंको मीटर-रूलपर रखो और इनके बीचकी दूरी नाप लो। यही नलका बाहरी व्यास होगा। इसी प्रकार कई स्थानोंमें कैलीपर लगाकर व्यासकी लम्बाई नापो और सबकी औसत
को इस प्रकार लिखो—

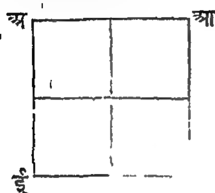
२—क्षेत्रफल

जो तल (surface) सीधी वा टेढ़ी रेखा वा रेखाओंसे घिर जाता है (Figure) क्षेत्र कहलाता है। उसके भीतरके तलके फैलाव उस क्षेत्रका (area) क्षेत्रफल कहते हैं। क्षेत्रफलकी नाप केवल लम्बाई अथवा केवल चौड़ाई जानकर नहीं मालूम हो सकती जैसे मेजके तलका परिमाण यह कह देनेसे कदापि न प्रकट होगा कि मेज इतनी लम्बी वा इतनी चौडी है। हां यदि यह कहा जाय कि मेजकी लम्बाई इतनी है और चौडाई इतनी है, तो मेजके तलका फैलाव झट समझमें आ जाता है। परन्तु क्षेत्रकी रेखा वक्र हो तो लम्बाई की इकाइयों से कुछ अर्थ नहीं निकलता। इसलिए क्षेत्रफलके लिए कोई और इकाई माननेकी आवश्यकता पडी।

जब क्षेत्रकी लम्बाई चौडाई बराबर होती है और सब कोण (angle) समकोण (right-angle) होते हैं तब यह क्षेत्र वर्गक्षेत्र (square) कहलाता है। यदि वर्गक्षेत्रका भुज (side) लम्बाईकी एक इकाई, १ इञ्च, १ सें० मी०, १ गज़, १ मीटर इत्यादिके बराबर हो तो उसके भीतरके क्षेत्रफलको (unit of area) क्षेत्रफलकी इकाई कहते हैं। वर्गक्षेत्र का भुज एक इञ्च हो तो उसका क्षेत्रफल 1 square inch १ वर्ग इञ्च, १ मीटर हो तो क्षेत्रफल (1 square metre) १ वर्ग मीटर कहलाता है, इत्यादि।

क्षेत्रफलकी ब्रिटिश इकाइयां वर्ग गज, वर्ग फुट, वर्ग इञ्च इत्यादि हैं और मेट्रिक इकाइयां वर्ग मीटर, वर्ग डेसीमीटर, और वर्ग सेंटीमीटर इत्यादि।

दो इंच भुजवाला एक वर्गक्षेत्र खींचकर देखो इसका क्षेत्रफल कितना होता है।



चित्र ६

मान लो अ आ इ ई (चित्र ६) एक वर्गक्षेत्र है जिसका प्रत्येक भुज २ इंच लम्बा है। प्रत्येक भुजके मध्यबिन्दुको सामनेवाले भुजके मध्यबिन्दुसे मिला दो। ऐसा करनेसे चार वर्गक्षेत्र बन जाते हैं और प्रत्येकका भुज एक इंच लम्बा होता है। इसलिए दो इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल ४ वर्ग इंच होता है।

यदि वर्गक्षेत्रका भुज ३ इंच लम्बा हो तो उसका क्षेत्रफल क्या होगा?

एक भुजको तीन समान भागोंमें बांटकर एक एक इंचकी दूरीपर ऐसी रेखाएं खींचो जो बगलवाले भुजके (parallel) समानान्तर हों। फिर बगलवाले भुजको ३ समान भागोंमें बांटकर एक एक इंचकी दूरीपर पहिले भुजके समानान्तर रेखाएं खींचो। इस तरह कुल वर्गक्षेत्र ९ छोटे छोटे समान वर्गक्षेत्रोंमें बंट जायगा। यह स्पष्ट है कि एक छोटे वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल १ वर्ग इंच है। इसलिए ३ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल ९ वर्ग इंच हुआ। इसी तरह यह मालूम किया जा सकता है कि

२ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल = $२^२$ वर्ग इंच

३ " " " " = $३^२$ "

बीजगणितकी भाषामें

यदि अ वर्गक्षेत्रके भुजकी लम्बाईकी इकाइयोंका अंक हो
और क्ष " क्षेत्र फल की " " " हो

तो क्ष=अ^2

ऊपरवाली रीतिसे वर्गक्षेत्र खींचकर यह जांच हो सकती है कि—

१ वर्ग गज=१ गज × १ गज=३ फुट × ३ फुट=९ वर्ग फुट
१ वर्गफुट=१ फुट × १ फुट=१२ इञ्च × १२ इञ्च=१४४ वर्ग इञ्च

मेट्रिक माप—एक डेसीमीटर भुजवाला वर्गक्षेत्र खींचो। इसके भीतरका क्षेत्रफल एक वर्ग डेसीमेटर कहलाता है। प्रत्येक भुजको सेंटीमीटरोंमें विभक्त करो। अलग करनेवाले बिन्दुओंसे वर्गक्षेत्रके भुजोंके समानान्तर रेखाएं खींचो।

वर्ग डेसीमीटर अब छोटे वर्गक्षेत्रोंमें बँट गया। प्रत्येक वर्गका क्षेत्रफल १ वर्ग सेंटीमीटर है। यह प्रत्यक्ष है कि एक एक पंक्ति में १० वर्ग से० मी० हैं। और ऐसी १० पंक्तियां हैं। इसलिए कुल वर्गक्षेत्रमें १०० वर्ग सेंटीमीटर हैं। परन्तु कुल वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल १ वर्ग डेसीमीटर है, इसलिए १ वर्ग डेसीमीटर=१०० वर्ग सेंटीमीटर। इसी प्रकार नीचे लिखे सम्बन्धोंकी जांच कर सक्ते हो—

१ वर्ग सेंटीमीटर=१ सें० मी० × १ सें० मी०
=१० मि० मी० × १० मि० मी०
=१०० वर्ग मि० मी०

१ वर्ग मीटर=१ मी० × १ मी०
= १० डे० मी० × १० डे० मी०
= १०० वर्ग डेसीमीटर

उदाहरण—

(१) ५.३ वर्ग गजमें कितने वर्ग फुट और कितने वर्ग इंच हैं ?

५.३ वर्ग गज = ५.३ × ९ वर्ग फुट

= ४७.७ वर्ग फुट

= ४७.७ × १४४ वर्ग इंच

= ६८६८.८ वर्ग इंच

(२) ९१५८.४ वर्ग इंचमें कितने वर्ग गज हैं ?

९१५८.४ वर्ग इंच $= \frac{९१५८.४}{१४४}$ वर्ग फुट

= ६३.६ वर्ग फुट

$= \frac{६३.६}{९}$ वर्ग गज

= ७.०६ वर्ग गज

(३) ५.६ वर्गमीटरके वर्ग मिलीमीटर बनाओ।

५.६ वर्ग मी० = ५.६ × १०० वर्ग डेसीमीटर

= ५.६ × १०० × १०० वर्ग सें० मी०

= ५.६ × १०० × १०० × १०० वर्ग मि० मी०

= ५,६००००० वर्ग मिलीमीटर

(४) ८५ वर्ग मिलीमीटरको वर्ग डेसीमीटरमें लिखो।

८५ वर्ग मिलीमीटर $= \frac{८५}{१००}$ वर्ग सें० मी०

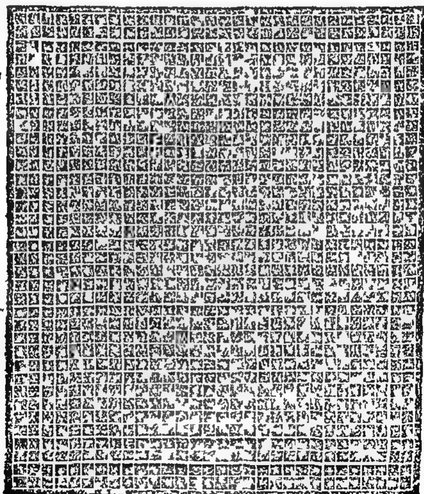
$= \frac{८५}{१०० \times १००}$ वर्ग डे० मी०

$= \frac{८५}{१००००}$ "

= .००८५ "

मान लो आयतक्षेत्रकी लम्बाई ३२ इञ्च और चौड़ाई २·६ इञ्च है। नियमके अनुसार इसका क्षेत्रफल=३·२इञ्च × २·६ इञ्च=८·३२ वर्ग इञ्च।

जांचके लिए खानेदार कागज लेकर चित्र १२ की भांति ३·२ इञ्च लम्बा और २·६ इंच चौड़ा आयत क्षेत्र खींचो। इस बातपर ध्यान रखो कि आयतक्षेत्रका एक लम्बा भुज और एक छोटा भुज मोटी लकीरोंपर पड़े (चित्र १२)।



चित्र १२

इस आयतक्षेत्रमें ६ पूर्ण वर्ग इञ्च हैं; तीन ऐसे आयतक्षेत्र है जिनमेंसे प्रत्येकके भीतर छोटे छोटे साठ वर्गक्षेत्र हैं, इसलिए मिलाकर इनका क्षेत्रफल $\frac{६० \times ३}{१००}$ वर्ग इञ्चके समान हुआ, २ ऐसे आयतक्षेत्र है जो प्रत्येक २० छोटे वर्गक्षेत्रके समान हैं, इसलिए उनका क्षेत्रफल मिलाकर $\frac{२० \times २}{१००}$ वर्ग इञ्च हुआ, कोनेमें एक छोटासा आयतक्षेत्र है जिसका क्षेत्रफल $\frac{१२}{१००}$ वर्ग इञ्चके समान है। इसलिए ३.७ इञ्च लम्बे और २.६ इञ्च चौडे आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल

$$=६ + \frac{६० \times ३}{१००} + \frac{२० \times २}{१००} + \frac{१२}{१००} \text{ वर्ग इञ्च}$$
$$=६ + १.८ + .४ + .१२ \text{ वर्ग इञ्च}$$
$$=९.६२ \text{ वर्ग इञ्च}$$

नियमानुसार क्षेत्रफल निकालने पर भी यही उत्तर आया था। इसलिए नियम ठीक है और ऐसे लिखा जाता है—

आयतक्षेत्रकी लम्बाईको इकाइयोंके अङ्कको उसकी चौडाईकी इकाइयोंके अङ्कसे गुणा करो और गुणनफलको क्षेत्रफलकी इकाइयोंका अङ्क समझो।

बीज गणितकी भाषामें—

यदि आयतक्षेत्रकी लम्बाईकी इकाइयोंका अङ्क ल हो
और " " चौडाई " " च हो
और " के क्षेत्रफल " " स हो
तो स = ल × च

यह आयत क्षेत्रके क्षेत्रफल मालूम करनेका गुर है।

उदाहरण १—

(१) एक वर्गाकार १ ५ फुट भुजवाली तख्ती एक तख्तेमसे काटकर अलग करना है। ऐसा करनेमे तख्तेका क्षेत्रफल कितना कम हो जायगा?

वर्गाकार तख्तीका क्षेत्रफल=१ ५ फुट × १ ५ फुट=२·२५ वर्ग फुट।

तख्तेका क्षेत्रफल २ २५ वर्ग फुट कम हो जायगा।

(२) एक वर्गाकार आगनमें २ ५ फु० भुजवाले पत्थरके तख्ते बिछवानेमें कितना खर्च बैठेगा? प्रत्येक तख्तेके दाम ६ आने हैं और आगनका एक किनारा १६ गज २ फुट है।

१६ ग० २ फुट=१६ × ३ + २=५० फुट

आगनका क्षेत्रफल=५० फुट × ५० फुट

=२५०० वर्ग फुट

पत्थरके प्रत्येक तख्तेका क्षेत्रफल=२ ५ फुट × २ ५ फुट

=६ २५ वर्ग फुट

पूरे आगनको ढकनेके लिए $\frac{२५०० \text{ व० फु०}}{६\ २५ \text{ व० फु०}}$ अर्थात् ४०० तख्तोंकी आवश्यकता होगी। प्रत्येक तख्तेके दाम ६ आने हैं, इसलिए ४०० तख्तोंमें ४०० × ६ आने अथवा १५० रुपये लगेंगे।

उदाहरण २—

(१) एक चबूतरेकी लम्बाई ३० गज २ फुट और चौड़ाई १२ गज १ फुट है, चबूतरेका क्षेत्रफल क्या है?

३० गज २ फुट=३० × ३ + २ फुट=९२ फुट

१२ गज १ फुट=१२ × ३ + १ फुट=३७ फुट

चबूतरेका क्षेत्रफल=९२′ × ३७′

=३४०४ वर्ग फुट

(२) एक कमरेकी लम्बाई १६′ और चौड़ाई ११′ है, १ फुट ६ इंच चौड़े गाढ़ेकी ऐसी जाजिम जो फर्शको पूरी तरह ढक सके बनवानेमें क्या

शीर्षसे एक रेखा समकोण बनाती हुई उस रेखाको उस भुजका (altitude or ऊंचाई और उस भुजका लम्बका आधार
।

ानेदार कागजपर एक त्रिभुज खींचकर उसके भीतरके न निकालना और उसके किसी भुजपर एक ऐसा नसका दूसरा भुज उसपरके लम्बके समान हो देखना में क्या सम्बन्ध है।

ाजपर त्रिभुज खींचनेसे उसके भीतर कुछ आ जाते हैं और कुछ असमान कटे हुए। आधेसे बड़े हों उनको पूरा समझो, जो उनको छोड़ दो और जो बिलकुल आधे हों नो।

जमें ऊपर दिये हुए नियमके अनुसार ४७ पूरे र आधे घिर गये हैं। इसलिए कुल ४६ छोटे तनका क्षेत्रफल $\frac{४६}{१००}$ वर्ग इञ्च या ४६ वर्ग त्रिभुजका क्षेत्रफल गिननेसे ४६ वर्ग इञ्च है। जमें इसी तरह ७८ पूरे वर्ग वर्ग कुल ८० वर्ग हुए, लिए का

(३) नीचे दिये हुए आयत क्षेत्रोंका दूसरा भुज बताओ—

(१) क्षेत्र फल १५८ वर्ग मी०, लम्बाई ७ डे० मी०,

(२) „ २५० वर्ग फुट, चौडाई १२ ५ फुट।

(४) एक कमरा अन्दरसे ३० फुट लम्बा, २० फुट चौडा और १५ फुट ऊचा है, इसकी भीतरी दीवालोंका क्षेत्रफल कितना है ?

(५) एक मनुष्य ६० गज लम्बे और ४० गज चौडे भूमिके टुकडेमें पन्द्रह पन्द्रह फुटके अन्तरपर आमके पेड रोपना चाहता है, उसको कितने पौदोंकी आवश्यकता पडेगी ?

(६) एक तांबेकी चद्दर ३ फुट लम्बी और दो फुट चौडी है, ५ इंच भुजवाले वर्गाकार टुकडे कितने काटे जा सकते हैं और बची हुई चद्दरका क्षेत्रफल कुल क्षेत्रफलका कौनसा भिन्न होगा ?

(७) एक वर्गाकार आंगनका प्रत्येक किनारा २५ फुट है, १० इं० × ५ इंच × ४ इंच ईंटोंसे आंगनको पक्का करानेमें कमसे कम कितना खर्च लगेगा, जब ईंटोंका भाव =) हजार हो और प्रति १०० ईंटोंके बैठानेमें आठ आने और खर्च हों ?

(८) एक बाग ८५ मीटर लम्बा और ६० मीटर चौडा है। इसके बीचों-बीच ५ मीटर लम्बा और उतना ही चौडा एक हौज है, चारों किनारोंसे एक एक सीधी सडक जिसकी चौडाई २ मीटर है हौज तक बनवानेमें बागकी कितनी भूमि आजायगी ? यह ध्यान रहे कि हौजके चारों ओर २ मीटर चौडी सडक पहिलेसे ही बनी हुई है।

(९) एक कमरेकी दीवालोंमें ८ ७ डे० मी० लम्बा और ५ ६ डे० मी० चौडा कागज लगवानेमें कितना खर्च पडेगा जब कमरा २० मीटर लम्बा १५ मीटर चौडा और ९ मीटर ऊचा हो और कागजका दाम प्रति दस्ता =) हो ?

त्रिभुजका क्षेत्रफल

तीन सीधी रेखाओंसे बने हुये क्षेत्रको (triangle) त्रिभुज कहते है। जिस बिंदुपर कोई दो भुज मिलते हैं उसको त्रिभुजका शीर्ष कहते है। त्रिभुजके किसी भुजपर सामने-

वाले (vertex) शीर्षसे एक रेखा समकोण बनाती हुई खींची जाय तो उस रेखाको उस भुजका (altitude or height) लम्ब वा ऊंचाई और उस भुजको लम्बका आधार (base) कहते हैं।

प्रयोग ८—खानेदार कागजपर एक त्रिभुज खींचकर उसके भीतरके वर्गोंके गिनकर क्षेत्रफल निकालना और उसके किसी भुजपर एक ऐसा आयतक्षेत्र खींचकर जिसका दूसरा भुज उसपरके लम्बके समान हो देखना कि दोनोंके क्षेत्रफल में क्या सम्बन्ध है।

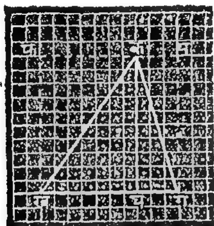
खानेदार कागजपर त्रिभुज खींचनेसे उसके भीतर कुछ पूर्ण छोटे वर्गक्षेत्र आ जाते हैं और कुछ असमान कटे हुए। इन टुकडोंमें जो आधेसे बडे हों उनको पूरा समझो, जो आधेसे छोटे हों उनको छोड दो और जो बिलकुल आधे हों उनको आधा गिनो।

क ख ग त्रिभुजमें ऊपर दिये हुए नियमके अनुसार ४७ पूरे वर्गक्षेत्र और चार आधे घिर गये हैं। इसलिए कुल ४६ छोटे वर्गक्षेत्र हुए, जिनका क्षेत्रफल $\frac{४६}{१००}$ वर्ग इञ्च वा ४६ वर्ग इञ्च है। इसलिए त्रिभुजका क्षेत्रफल गिननेसे ४६ वर्ग इञ्च है।

च छ ज त्रिभुजमें इसी तरह ७८ पूरे वर्ग और ४ आधे वर्ग घिरे हैं, इसलिए कुल ८० वर्ग हुए, जिनका क्षेत्रफल $\frac{८०}{१००}$ वर्ग इञ्च हुआ। इसलिए इस त्रिभुज का क्षेत्रफल ८ वर्ग इञ्च है।

त्रिभुज क ख ग और च छ ज के ख ग और छ ज भुजोंपर सामनेवाले शीर्षसे यदि लम्ब गिराये जाय तो उनकी लम्बाई क्रमसे क घ और च झ के समान होगी। यह प्रत्यक्ष है कि क घ = १ इञ्च और च झ = १ १ इञ्च।

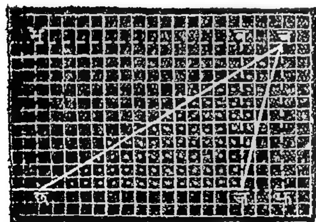
ख ग भुज पर ख ग प फ आयतक्षेत्र खींचो, जिसका एक भुज ख ग और दूसरा भुज क घ के बराबर हो। इसी प्रकार छ ज पर छ ज ब भ आयतक्षेत्र खींचो जिसका एक भुज छ ज और दूसरा घ भ के बराबर हो। ख ग प फ आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल १६० × १६० अर्थात् १ वर्ग इञ्च है और 'छ ज ब भ' आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल १५ इञ्च × ११ इञ्च अर्थात् १६५ वर्ग इञ्च है।



चित्र १३

ख ग प फ आयतक्षेत्रका क्षे० जिसकी लम्बाई १६० और चौडाई १६० है=१५०इञ्च

ख ग क त्रिभुजका क्षेत्रफल जिसका आधार १६० और लम्ब १ इञ्च है=४८ वर्ग इञ्च



चित्र १४

त्रिभुजका क्षेत्रफल

छ ज य भ आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल जिसकी लम्बाई १५
और चौडाई ११ इञ्च है = १६५ व० इ०

च छ ज त्रिभुजका क्षेत्रफल जिसका आधार १५ इञ्च औ
लम्ब ११ इञ्च है = ८ व० इ०

पहले आयतक्षेत्रके क्षेत्रफलका आधा ५० वर्ग इञ्च हुआ जो पहिले त्रिभुजके क्षेत्रफलके प्राय. समान है। दूसरे आयतक्षेत्रके क्षेत्रफलका आधा ८२ व० इ० हुआ जो दूसरे त्रिभुजके क्षेत्रफलके प्राय समान है। फिर आयतक्षेत्रकी लम्बाई और चौडाईको गुणा करनेसे जो गुणनफल आता है वह त्रिभुजके अधार और लम्बके गुणनफलके समान होता है। इसलिए त्रिभुजका क्षेत्रफल निकालनेके लिए किसी भुजको आधार मानकर लम्ब गिराओ और इन दोनोंको गुणा करके आधा करदो, यही त्रिभुजका क्षेत्रफल होगा। अर्थात् त्रिभुजके आधार और लम्बको गुणा करके आधा कर दो, उत्तर त्रिभुजका क्षेत्र-फल होगा।

बीजगणितका भाषाम

यदि त्रिभुजके एक भुजकी लम्बाई आ हो
और उस भुजपरके लम्बकी लम्बाई ल हो
और त्रिभुजका क्षेत्रफल क्ष हो तो

$$\text{क्ष} = \frac{\text{आ} \times \text{ल}}{२}$$

यही त्रिभुजके क्षेत्रफल निकालनेका गुर कहलाता है।

अभ्यासार्थ प्रयोग

१—कोई त्रिभुज खींचकर उसके प्रत्येक भुजको आधार मानकर लम्ब गिराओ और नापकर प्रत्येक आधारको उस

घरके लम्बसे गुणा करके आधा करो, देखो इनमें क्या अन्तर पड़ता है।

२—तीन त्रिभुज जिनमेंसे एक अधिककोण दूसरा समकोण और तीसरा न्यूनकोण हो खानेदार कागजपर ऐसे खींचो कि प्रत्येकका लम्ब एक दूसरेके बराबर हो और प्रत्येकका आधार भी बराबर हो। गिनकर क्षेत्रफल निकालो और देखो कि हिसाबसे निकाले हुए क्षेत्रफलसे कितनी भिन्नता होती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न—६

(१) एक त्रिभुजका क्षेत्रफल १२०० वर्ग फुट और आधार ६० फुट है, उसकी ऊंचाई कितनी होगी?

क्ष $=\frac{1}{2}\times$ आ $\times$ ल, जहां क्ष, आ और ल क्रमसे क्षेत्रफल, आधार और लम्बको सूचित करते हैं।

$$\therefore १२०० \text{ वर्ग फुट} = \frac{१}{२} \times ६० \text{फुट} \times \text{ल}$$

$$\text{ल} = \frac{१२०० \times २}{६०} \text{फुट}$$

$$= ४० \text{ फुट}$$

[illegible] त्रिभुजके भुजोंके मान १२ फुट, १६ फुट और २० फुट हैं, [illegible]ल क्या है?

[illegible] फुट और १६ फुटवाले भुजोंके बीचका कोण समकोण है इसलिए [illegible]से एकको आधार और दूसरेको लम्ब मान लेना चाहिये। इसलिए

$$\text{क्षेत्रफल} = \frac{१}{२} \times १२ \times १६ \text{ वर्ग फुट}$$

$$= ९६ \text{ वर्ग फुट।}$$

ब ज द म ... तो अन्तिम

और चौड़ाई ११ इंच है = ... क्षेत्रफलको

च छ ज त्रिभुज ... वही अंक

लम्ब ११ इंच है = ... ५९ मिलता

पहले आयतक्षेत्रके ...

जो पहिले त्रिभुजके ...

आयतक्षेत्रके क्षेत्रफल ...

त्रिभुजके क्षेत्रफलसे आधा ...

और चौड़ाईके गुणा ...

त्रिभुजके आधार और ...

इसलिए त्रिभुजका ...

आधार मानकर ...

... २६ ८ सें० मी० है

... गया है और π=३.१४

... वर्ग सं० मी०

... १३.४ घ० सं० मी०

... मी०

... फुट, ५ फुट और ३ फुट है,

... भरे हुए है, यदि ... और

पहले ...

नियम या त्रैराशिक द्वारा यह मालूम करो कि एक ब्रिटिश इकाईमें कितनी मेट्रिक इकाइयां होती हैं।

(२) एक आयतक्षेत्र अथवा वर्गक्षेत्रकी (dimensions) नापोंको दोनों इकाइयों में लिखकर गुणद्वारा उस क्षेत्रका क्षेत्रफल दोनों इकाइयों में निकालो, फिर ऐकिक नियमद्वारा यह देखो कि ब्रिटिश क्षेत्रफलकी एक इकाईमें मेट्रिक क्षेत्रफल की कितनी इकाइया शामिल हैं।

प्रयोग १०—वृत्तका (circle) क्षेत्रफल निकालना।

खानेदार कागजपर एक वृत्त खींचो और उसका क्षेत्रफल गिनकर निकालो। अर्द्धव्यासकी लम्बाई नापकर वर्ग करदो। वर्गफल उस वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल होगा जिसका भुज अर्द्ध व्यासकी लम्बाईके बराबर है। वृत्तके क्षेत्रफलको अर्द्धव्यास परके वर्गक्षेत्रके क्षेत्रफलसे भाग दो। इसी प्रकार कई असमान वृत्त खींचकर प्रत्येकके क्षेत्रफलको उसीके व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रके क्षेत्रफलसे भाग दो और नीचेकी तरह सारिणी बनाकर उनको दर्ज करो—

वृत्तका व्यासार्द्ध	वृत्तका क्षेत्रफल	व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल	वृत्तका क्षेत्रफल ÷ व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल
इञ्च	वर्ग इञ्च	वर्ग इञ्च	
३·५			
२			
१२			
२५			

प्रयोग सावधानीके साथ किया जायगा तो अन्तिम स्तम्भके अंक प्राय समान होंगे। यथार्थमें वृत्तके क्षेत्रफलको व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रके क्षेत्रफलसे भाग देनेपर वही अंक मिलना चाहिये जो परिधिको व्याससे भाग देनेपर मिलता है अर्थात् ३ १४ वा π।

बीज गणितकी भाषामें —

यदि किसी वृत्तका क्षेत्रफल च हो

और उसका व्यासार्द्ध त्र हो

तो $\frac{च}{(त्र)^२} = π$ अथवा $च = π त्र^२$

उदाहरण—

(१) उस वृत्तका क्षेत्रफल बताओ जिसका व्यास २६ ८ सें० मी० है

$च = π त्र^२$

जहां वृत्तका क्षेत्रफल च और अर्धव्यास त्र माना गया है और π=३ १४

वृत्तका क्षेत्रफल=३ १४ × $(\frac{२६ ८}{२})^२$ वर्ग सें० मी०

=३ १४ × १३ ४ × १३ ४ व० स० मी०

=५६३ ८२ व० सें० मी०

(२) तीन गोल हौजोंके व्यास क्रमसे ७ फुट, ५ फुट और ३ फुट हैं, इनकी गहराई समान है और सब ऊपरतक भरे हुए हैं, यदि दूसरे और तीसरे हौज़का-पानी इकट्ठा किया जाय तो यह पहले हौजके पानीसे कम होगा अथवा अधिक ?

गहराई समान होनेसे जिस बर्तनका ऊपरी तल सबसे अधिक होता है उसीमें सबसे अधिक पानी अँटता है, इसलिए दूसरे और तीसरे हौजका ऊपरी धरातल मिलकर पहले हौज़के ऊपरी धरातलसे छोटा होगा तो इनमें पानी कम होगा नहीं तो अधिक।

पहले हौजके धरातलका क्षे०=π $(\frac{७}{२})^२$ वर्ग फुट

=३·१४ × $\frac{७}{२}$ × $\frac{७}{२}$ व० फुट

=३८ ४६५ व० फुट

दूसरे हौजके धरातलका क्षे०=π × $(\frac{५}{२})^२$ व फुट

=३ १४ × $\frac{५×५}{४}$ व० फु०

=१९ ६२५ व० फुट

तीसरे हौजके धरातलका क्षेत्र०=π × $(\frac{३}{२})^२$ व० फुट

=३ १४ × $\frac{३}{२}$ × $\frac{३}{२}$ व० फुट

=७ ०६५ व० फुट

दूसरे और तीसरे हौजके धरातलका क्षेत्रफल मिलाकर २६ ६९ व० फुट हुआ इसलिए पहिले हौजमें अधिक पानी होगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न—७

(१) नीचे लिखे हुए वृत्तोंका क्षेत्रफल बतलाओ—

(१) व्यास ३ ५ फुट, (२) व्यासार्द्ध १० डे० मी०, (३) परिधि ३८३ सें० मी०, (४) अर्धपरिधि ६८ मी०।

(२) ८५ फुट लम्बे ६० फुट चौड़े मैदानके बीचमें एक चबूतरा है, जिसका व्यास २२ डे० मी० है, बची हुई भूमि कुल मैदानका कौनसा भिन्न है?

(३) जिस वृत्तका व्यासार्द्ध १० फुट है, वह तीन बराबर हिस्सोंमें ऐसे दो वृत्तोंसे बँटा है, जिनके केन्द्र बड़े वृत्तके केन्द्रपर हैं तो इन दोनों वृत्तोंके व्यासार्द्ध कितने होंगे?

(४) एक कुण्डको भरनेके लिए तीन नल लगे हुए हैं जिनके भीतरी व्यास क्रमसे ३ इंच, २ इंच और २.५ इंच हैं। पहला एक घंटेतक लगातार खुला रहे तो कुण्ड लबालब भर जाता है, यदि यह बन्द कर दिया जाय और बाकी दो नल खोल दिये जायँ तो खाली कुंड भरनेमें जल्दी होगी अथवा देरी और कितनी जल्दी या देरी होगी?

(५) एक गोल मैदानका क्षेत्रफल ५१७४ वर्ग फुट है तो इसका व्यास कितना है? इसके चारों ओर तार से घेर देनेके लिए कितना लम्बा तार खरीदना होगा जब ऊपरसे नीचे तक एक एक फुटके अन्तरपर चार तार लगाने हैं?

तोलकर क्षेत्रफल निकालना

अभीतक नापकर अथवा गिनकर क्षेत्रफल मालूम करने-का नियम बतलाया गया है। यह जान लेना आवश्यक है कि तोलकर भी क्षेत्रफल निकाला जा सकता है, परन्तु इसके लिए ऐसी चद्दर या कागजके तख्ते की आवश्यकता पड़ती है जिसकी मोटाई सब स्थानोंमें समान हो, फिर तो किसी टेढ़े मेढ़े तख्ते या चद्दरका क्षेत्रफल निकालना हाथोंका खेल है। इस रीतिकी शुद्धताकी जाँच पहले ऐसे क्षेत्रसे करना उचित है जिसका क्षेत्रफल नापकर भी जाना जा सके, इसलिए एक वृत्तका क्षेत्रफल निकालना चाहिये।

प्रयोग ११—तोलकर वृत्तका क्षेत्रफल निकालना।

समान मोटाईवाले कागज का एक तख्ता लेकर उसको आयताकार अथवा वर्गाकार बड़ी सावधानीके साथ किसी तेज कैंचीसे काटो जिसमें किनारे बिलकुल सीधे निकलें। मीटर रूलसे नापकर इसका क्षेत्रफल वर्ग सेंटीमीटरमें निकालो। इसको तोल भी लो। तोलको क्षेत्रफलसे भाग देने पर एक वर्ग सेंटीमीटर तख्तेकी तोल मालूम हो जायगी।

तख्तेपर एक वृत्त खींचो; जिसका व्यास सेंटीमीटरोंमें नापो। कैंचीसे तख्तेको परिधिपर इस प्रकार काटो कि पूरा गोल तख्ता निकल आवे, कहींसे टेढा न हो। इस गोल तख्तेका व्यास फिर नापो और देखो पहली नापसे मिलता है कि नहीं। इसको भी तोल लो और इस तोलको १ वर्ग सेंटीमीटर तख्तेकी तोलसे भाग दो। भजनफल गोल तख्तेका क्षेत्रफल वर्ग सेंटीमीटरोंमें होगा।

नापनेसे जो व्यासकी लम्बाई मालूम हुई है उसीको लेकर गुरके अनुसार क्षेत्रफल निकालो और देखो दोनों विधियोंसे क्षेत्रफल निकालनेमें क्या अन्तर पडता है।

इसी प्रकार असमान वृत्ताकार तख्ते काटकर हर एक का क्षेत्रफल निकालो और नीचे लिखी हुई सारिणी बनाकर दर्ज करो।—

आयताकार तख्तेकी तोल ग्राम " " का क्षेत्रफल .. वर्ग सें० मी० १ वर्ग सें० मी० तख्तेकी तोल . .. ग्राम			
वृत्ताकार तख्तेका व्यासार्द्ध	वृत्ताकार तख्तेकी तोल	वृत्ताकार तख्तेका क्षेत्रफल	नापने और गुर द्वारा निकालने पर क्षेत्रफल
सें० मी०	ग्राम	वर्ग सें० मी०	वर्ग सें० मी०

यदि तोलने और नापनेमें सावधानी की जायगी तो तीसरे और चौथे स्तम्भमें दिये हुए परिमाणोंमें बहुत कम अन्तर पाया जाय।

अभ्यासार्थ प्रयोग

(१) इसी प्रयोगकी सारिणीके पहले और तीसरे स्तम्भके परिमाणोंका सम्बन्ध दिखलानेवाला एक ग्राफ़* (graph) खींचो और इसी ग्राफ़केद्वारा उन वृत्तोंका क्षेत्रफल निकालो जिनके व्यासार्द्ध ८ सें० मी०, ५.५ सें० मी० और २.३ सें० मी० है। इन उत्तरोंकी शुद्धता हिसाबसे जाँचो।

(२) एक टीनकी चद्दरका आयताकार टुकड़ा काटो, लम्बाई चौड़ाई नापकर क्षेत्रफल निकालो और तोलकर एक वर्ग सें० मी० अथवा एक वर्ग इञ्च टुकड़ेकी तोल मालूम करो। इसके पश्चात् उसी टीनके किसी आकारके टुकड़ेका क्षेत्रफल निकालो।

३—ठोसका आयतन।

जितना स्थान किसी पदार्थसे घिर जाता है, उस पदार्थका घनफल अथवा आयतन कहलाता है।

घनफलके मेट्रिक मान

जिस ठोस पदार्थमें ६ तल (पहल) हों और सब वर्गाकार और समान हों उस ठोसको (cube) घन कहते हैं। घनका प्रत्येक किनारा एक सें० मी० हो तो इस घनसे जितना स्थान घिर जाता है उसको (1 cubic centimetre or 1 cc) एक घन सें० मी० अथवा घ० सें० मी० कहते हैं। जिस घनका किनारा एक डे० मी० होता है उसके घनफलको

* ग्राफ़ खींचनेकी विधि तापवाले अध्यायमें मिलेगी।

(litre) १ घन डे० मी० या लीटर (1 cubic decimetre or 1 c d) कहते हैं। इसी तरह प्रत्येक लम्बाईकी इकाईसे सम्बन्ध रखनेवाली घनफलकी इकाई भी होती है जैसे घन मीटर, घन मिली-मीटर, घन किलो मीटर इत्यादि जिनकी परिभाषा स्वयम् बनालो।

घनफलके ब्रिटिशमान

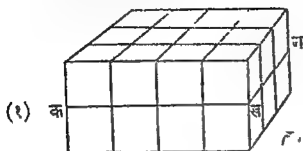
ब्रिटिश राज्यमें घनफलकी इकाइयां साधारणतः घन इञ्च, घन फुट और घन गज हैं, जिनकी परिभाषा स्वयम् बना लेना कुछ कठिन नहीं है।

आयताकार ठोसका घनफल

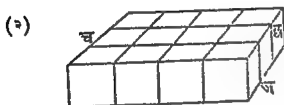
जिस ठोसमें ६ पहल हों और प्रत्येकका तल आयताकार हो उसको (rectangular) आयताकार ठोस कहते हैं। वह सदूक, दियासलाईका घर, इत्यादि आयताकार ठोसके उदाहरण है। किसी आयताकार ठोसका घनफल जाननेकेलिये उसको घनफलकी इकाईयोंमें बाँटना होगा। घनफलकी जितनी इकाइयां उसमें शामिल होंगी वही उस आयताकार ठोसका घनफल होगी। उदाहरणार्थ एक ऐसा ठोस लो जिसकी लम्बाई ४ इञ्च, चौड़ाई ३ इञ्च, और ऊचाई २ इञ्च हो (देखो चित्र १५)। इसमें (१) सम्पूर्ण ठोसको प्रकट करता है, (२) ठोसके आधे भागको प्रकट करता है अर्थात् यदि वह ठोस क ख ग तलकी सीधमें चीर दिया जाय तो इसके दो समान तख्ते हो जायगे, जिनमेंसे प्रत्येक तख्ता (२) के समान होगा। यह तख्ता तीन समान छडोंमें चीरा जा सकता है। (३) में दिखाया हुआ छड ऐसे ही तख्तेके च छ ज सीधमें चीरनेसे निकल सकता है। प्रत्येक छड भी ४ घन इञ्चोंमें काटा

जा सकता है, (४) में दिखाया गया घन इञ्च इसी छड़को प फ ब लीधमें चीरनेसे निकला है।

(१)

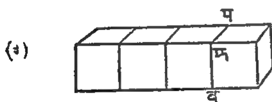


(२)



चित्र १५

(३)



(४)



इस प्रकार यह सिद्ध होता है कि इस आयताकार ठोसमें २४ घन इञ्च निकल सकते हैं अर्थात् इस ठोसका घनफल २४ घन इञ्च है क्योंकि इस छड़में ४ घन इञ्च निकाले जा सकते हैं

(litre) १ घन डे० मी० या लीटर (1 cubic decimetre or 1 c.d) कहते हैं। इसी तरह प्रत्येक लम्बाईकी इकाईसे सम्बन्ध रखनेवाली घनफलकी इकाई भी होती है जैसे घन मीटर, घन मिली-मीटर, घन किलो मीटर इत्यादि जिनकी परिभाषा स्वयम् बनालो।

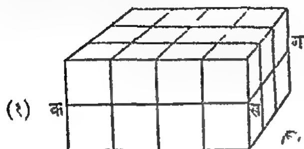
घनफलके ब्रिटिशमान

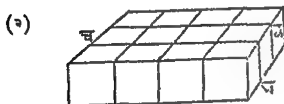
ब्रिटिश राज्यमें घनफलकी इकाइया साधारणत. घन इञ्च, घन फुट और घन गज है, जिनकी परिभाषा स्वयम् बना लेना कुछ कठिन नहीं है।

आयताकार ठोसका घनफल

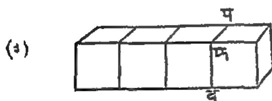
जिस ठोसमें ६ पहल हों और प्रत्येकका तल आयताकार हो उसको (rectangular) आयताकार ठोस कहते हैं। बद संदूक, दियासलाईका घर, इत्यादि आयताकार ठोसके उदाहरण हैं। किसी आयताकार ठोसका घनफल जाननेकेलिए उसको घनफलकी इकाईयोंमें बाँटना होगा। घनफलकी जितनी इकाइयां उसमें शामिल होगी वही उस आयताकार ठोसका घनफल होगी। उदाहरणार्थ एक ऐसा ठोस लो जिसकी लम्बाई ४ इञ्च, चौडाई ३ इञ्च, और ऊचाई २ इञ्च हो (देखो चित्र १५)। इसमें (१) सम्पूर्ण ठोसको प्रकट करता है, (२) ठोसके आधे भागको प्रकट करता है अर्थात् यदि वह ठोस क ख ग तलकी सीधमें चीर दिया जाय तो इसके दो समान तख्ते हो जायगे, जिनमेंसे प्रत्येक तख्ता (२) के समान होगा। यह तख्ता तीन समान छडोंमें चीरा जा सकता है। (३) में दिखाया हुआ छड ऐसे ही तख्तेके च छ ज सीधमें चीरनेसे निकल सकता है। प्रत्येक छड भी ४ घन इञ्चोंमें काटा

जा सकता है, (४) में दिखाया गया घन इञ्च इसी छड़को प फ ब लीकमें चीरनेसे निकला है।





चित्र २४





इस प्रकार यह सिद्ध होता है कि इस आयताकार ठोसमें २४ घन इञ्च निकल सकते हैं अर्थात् इस ठोसका घनफल २४ घन इञ्च है क्योंकि इस छड़में ४ घन इञ्च निकाले जा सकते

हैं और एक तख्तेमें ३ छड, इसलिए एक तख्तेमें ४ × ३ घन इंच हुए। परन्तु उस ठोसमें से दो समान तख़्ते निकाले जा सकते हैं इसलिए उस ठोसमें २ × ४ × ३ घन इंच हुए।

यहाँ उत्तर आयताकार ठोसकी लम्बाई, चौडाई, और ऊचाईको गुणा कर देनेसे भी निकलता है, क्योंकि ४ इञ्च × ३ इञ्च × २ इञ्च=२४ घन इञ्च।

इसलिए आयताकार ठोसका घनफल निकालनेके लिए, लम्बाई, चौडाई और ऊचाईको गुणा कर दो, गुणनफल घनफल होगा।

बीज गणितकी भाषामें—

यदि आयताकार ठोसकी		लम्बाई	ल हो
	"	"	चौडाई	च हो
	"	"	ऊचाई	ऊ हो
और	"	"	का घनफल	घ हो

तो घ = ल × च × ऊ

इसी प्रकार किसी घनका घनफल निकालनेके लिए उसके एक भुजकी लम्बाई जानकर उसका घन ले लो अर्थात् उसको उसीसे दो बार गुणा करो, गुणनफल घनका घनफल होगा, क्योंकि घनकी लम्बाई, चौडाई और ऊचाई समान होती है। गुरके रूपमें यह इस प्रकार लिखा जा सकता है—

घ = क × क × क=क³

जहां घ = घनका घनफल

क = घनके एक किनारेकी लम्बाई

घनफलकी ब्रिटिश इकाइयोंका सम्बन्ध—

एक घन फुटकी लम्बाई, चौड़ाई और ऊचाई प्रत्येक १ फुट अर्थात् १२ इंच होती है। इसमें से १२ तख़्ते ऐसे काटे जा सकते हैं, जिनमेंसे प्रत्येक १२ इंच लम्बा, १२ इंच चौडा

और एक इञ्च मोटा हो, प्रत्येक तख्ता ऐसे छड़ोंमें चीरा जा सकता है, जिनमेंसे प्रत्येक १२ इञ्च लम्बा, १ इञ्च चोड़ा और एक इञ्च ऊंचा हो और प्रत्येक छड़ १२ इञ्च-घनोंमें काटा जा सकता है। इसलिए एक घन फुटमें १२ × १२ × १२ इञ्च घन बनाये जा सकते हैं। परन्तु एक इञ्च-घनका घनफल एक घन इञ्च होता है इसलिए १ घन फुटमें १२ × १२ × १२ घन इञ्च होते हैं।

गुरकी सहायतासे भी यही बात सिद्ध हो सकती है कि—

१ घन फुट = १ फु० × १ फु० × १ फु०
= १२ इञ्च × १२ इञ्च × १२ इञ्च
= १२ × १२ × १२ घन इञ्च

और १ घन गज = १ गज × १ गज × १ गज
= ३ फुट × ३ फुट × ३ फुट
= ३ × ३ × ३ घन फुट

मेट्रिक घनफलकी इकाइयोंका सम्बन्ध

यह परिभाषामें ही बतला दिया गया है कि एक डेसीमीटर घनका घनफल एक घन डेसीमीटर कहा जाता है। अब यह समझने में कोई कठिनाई न पडनी चाहिये कि

१ घन डेसीमीटर = १० सें०मी० × १० सें०मी० × १० सें०मी०
= १० × १० × १० घन सें०मी०

१ घन सेंटीमीटर = १० मि०मी० × १० मि०मी० × १० मि०मी०
= १० × १० × १० घन मि०मी०

१ घनमीटर = १ मी० × १ मी० × १ मी०
= १० डे०मी० × १० डे०मी० × १० डे०मी०
= १० × १० × १० घन डे० मी०

उदाहरण—

(१) एक शिला (पत्थरका टुकड़ा) ७ फुट लम्बा, ५ फुट चौड़ा और ४ फुट मोटा है तो उसका घनफल कितना होगा ?

शिलाका घनफल = ७ फुट × ५ फुट × ४ फुट

= ७ × ५ × ४ घन फुट

= १४० घन फुट

(२) एक खुले सन्दूककी बाहरी लम्बाई $२\frac{१}{२}$ फुट, चौड़ाई २ फुट और ऊंचाई $१\frac{१}{२}$ फुट है और उसकी भीतरी नाप २ फुट ४ इञ्च, १ फुट १० इञ्च और १ फुट ५ इञ्च है। उसकी लकड़ीका घनफल बतलाओ और यह भी बतलाओ कि उसमें कितने घनफलकी वस्तु भरी जा सकती है।

यदि सन्दूक बिलकुल ठोस होता तो उसका घनफल $२\frac{१}{२}' \times २' \times १\frac{१}{२}'$ अर्थात् ७.५ घन फुट होता। परन्तु उसमें भीतर खाली है और खाली स्थानका घनफल = २ फुट ४ इञ्च × १ फुट १० इञ्च × १ फुट ५ इञ्च

$= २\frac{१}{३}' \times १\frac{५}{६}' \times १\frac{५}{१२}'$

$= \frac{७}{३} \times \frac{११}{६} \times \frac{१७}{१२}$ घन फुट

= ६ घन फुट १०४ घन इञ्च

लकड़ीका घनफल = ७.५ घन फुट – ६ घन फुट १०४ घन इञ्च

= १ घन फुट ७६० घन इञ्च

खाली स्थानका घनफल ६ घन फुट १०४ घन इञ्च है। इसलिए सन्दूकमें ६ घन फुट १०४ घन इञ्चकी वस्तु अट सकती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न—८

(१) २५ हाथ लम्बा २० हाथ चौडा और ५ हाथ ऊंचा चबूतरा बनवानेमें कितनी मिट्टीकी आवश्यकता पडेगी।

(२) १० गज लम्बी, २ फुट चौड़ी और १½ फुट ऊंची लकड़ीमेंसे १५ फुट लम्बी, ६ इंच चौडी और ६ इंच मोटी कितनी धन्नियां (धरणी) या शहतीर बनायी जा सकती हैं, यदि यह मान लिया जाय कि चीरनेमें कोई अंश व्यर्थ नष्ट नहीं होने पावेगा ?

(३) एक लोहेका कुन्ड (टंकी) १५ फुट लम्बा, १० फुट चौडा और ८ फुट ऊंचा है तो उसमें कितना पानी भरा जा सकता है ? १ घन फुट पानीकी तौल ३१¼ सेरके लगभग होती है।

(४) एक दीवाल २५ ग० लम्बी, ३ ग० ऊंची और २ फुट मोटी बनायी जाय तो वह कितना स्थान घेर लेगी ?

४—द्रव पदार्थोंका आयतन

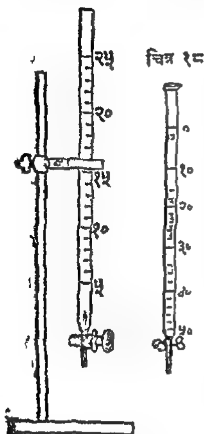

चित्र १६

द्रव पदार्थोंके नापनेके लिए नीचे दिये हुए नपने (measures) प्रयोग किये जाते हैं—

नपना घट (Measuring jar)—यह एक नलाकार बर्तन होता है और घन सेंटी मीटरोंमें चिन्हित किया रहता है जिससे किसी द्रवका घनफल घन सेंटीमीटरोंमें नापा जा सकता है। इसमें नीचेसे ऊपरको चिन्ह बनाये जाते हैं, इसलिए द्रव तल जिस चिन्हपर रहता है उतने ही घन सेंटीमीटर उस द्रवका घनफल समझा

जाता है। १००, २००, २५०, ५०० और १००० घन सें० मी० तकका ऐसा नपना बहुधा काममें आता है। देखो चित्र १६

ब्यूरट (Burette)—अधिक बारीकीके साथ जब द्रव का घन फल जानना होता है तब ब्यूरट काममें लाया जाता है। यह भी नलाकार होता है किन्तु इसका छेद बहुत छोटा होता है और इसमें दशांश घन सेंटी॰ मीटर तक नापनेके चिन्ह बनाये जाते हैं। यह दोनों किनारोंपर खुला रहता है, नीचेवाले किनारे॰ का मुह नन्हा सा होता है जिससे बूँद बूँद द्रव ब्यूरटमेंसे निकाला जा सकता है। इस मुँहको झट॰ से बन्द करने और खोलनेके लिए एक टोंटी लगी रहती है, [चित्र १७] * किसी किसी ब्यूरटमें टोंटी नहीं लगायी जाती। जब इस॰ से काम लेना होता है तब एक नोकदार नलीको रबरकी नली द्वारा जोड देते हैं और बन्द करने, खोलनेके लिए एक चुटकी लगा देते हैं, [चित्र १८] ब्यूरटमें चिन्ह ऊपरसे नीचेकी ओर बनाये जाते हैं। नीचेके अंशमें कोई चिन्ह नहीं लगा रहता, इसलिए द्रव नापते समय इस बातका ध्यान रखना चाहिये कि सबसे नीचेवाले चिन्हके और नीचे तक द्रव न चला जाय।

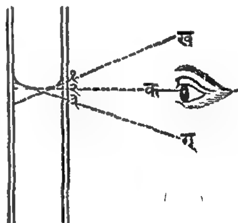


चित्र १७

* चित्र १७ में २५ को शून्य, २० को ५, १५ को १०, १० को १५ और ५ को २० पढ़ना चाहिये।

ब्यूरटसे नापनेकी रीति—पहले ब्यूरटको (stand) डट्टेपर इस तरह लगाओ कि बिलकुल सीधा खडा रहे, इधर उधर झुका न हो। नीचेकी टोंटी बन्द कर दो और ऊपरवाले मुहमें (funnel) कीप रखकर द्रवको भरो। जब सबसे ऊपरवाले निशानके कुछ ऊपरतक भर जाय, कीप हटा लो, क्योंकि इसके रखे रहनेसे कीपमें लगा हुआ द्रव धीरे धीरे ब्यूरटमें टपकेगा और द्रव-तलको पढ़े हुए चिह्नसे ऊपरको हटा देगा। इसके पश्चात् टोंटी या चुटकी ढीली कर दो जिससे वहाँ की हवा निकल जाय और सब जगह द्रव ही द्रव रह जाय। फिर चुटकी कस दो और देखो द्रवतल किस चिह्नपर है। जितना द्रव लेना हो टोंटी खोलकर उतना ले लो फिर बन्द कर दो और १० सेकड तक ठहरकर फिर देखो कि द्रवतल कहा है। ठहरनेका कारण यह है कि बगलमें लगा हुआ द्रव कुछ धीरे उतरता है, इसलिए टोंटी बन्द करनेके बाद तुरन्त ही द्रवतलका चिह्न देखा जायगा तो कुछ अधिक पढा जायगा परन्तु १० सेकड ठहरनेपर लगे हुए द्रवके उतर चुकनेपर कोई अशुद्धि नहीं होगी।

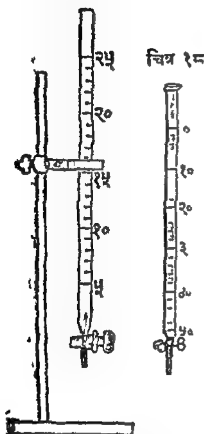
यह बहुधा देखा होगा कि नपना घट, ब्यूरट इत्यादिमें कोई द्रव भरा जाता है तो इसका ऊपरी तल समतल नहीं होता वरन् वक्र होता है और कुछ मोटा देख पडता



चित्र १६

जाता है। १००, २००, २५०, ५०० और १००० घन सें० मी० तकका ऐसा नपना बहुधा काममें आता है। देखो चित्र १६

ब्यूरट (Burette)—अधिक बारीकीके साथ जब द्रव का घन फल जानना होता है तब ब्यूरट काममें लाया जाता है। यह भी नलाकार होता है किन्तु इसका छेद बहुत छोटा होता है और इसमें दशांश घन सेंटी मीटर तक नापनेके चिन्ह बनाये जाते हैं। यह दोनों किनारोंपर खुला रहता है, नीचेवाले किनारे का मुह नन्हा सा होता है जिससे बूँद बूँद द्रव ब्यूरटमेंसे निकाला जा सकता है। इस मुँहको झट-से बन्द करने और खोलनेके लिए एक टोंटी लगी रहती है, [चित्र १७] * किसी किसी ब्यूरटमें टोंटी नहीं लगायी जाती। जब इस से काम लेना होता है तब एक नोकदार नलीको रबरकी नली द्वारा जोड देते हैं और बन्द करने, खोलनेके लिए एक चुटकी लगा देते हैं, [चित्र १८] ब्यूरटमें चिन्ह ऊपरसे नीचेको ओर बनाये जाते हैं। नीचेके अंशमें कोई चिन्ह नहीं लगा रहता, इसलिए द्रव नापते समय इस बातका ध्यान रखना चाहिये कि सबसे नीचेवाले चिन्हके और नीचे तक द्रव न चला जाय।



चित्र १७

चित्र १८

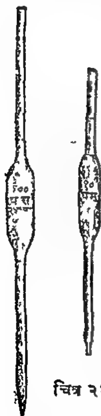
* चित्र १७ में २५ को शून्य, २० को ५, १५ को १०, १० को १५ और ५ को २०, पढ़ना चाहिये।

नीचेका सिरा नोकीला रहता है, जिसका मुह भी बहुत छोटा हो जाता है। ऊपरवाला मुह नलिकाकी चौडाईके बराबर होता है। इसीके पास एक गोल रेखा चारों ओर खिची रहती है।

नलिकाका प्रयोग करनेकी रीति—इसके नोकीले सिरेको पानीमें छोड दो और दूसरे सिरेमें मुह लगाकर पानी ऊपर खीचो। जब चिह्नके ऊपरतक पानी चढ आवे तब जल्दीसे ऊपरवाले सिरेको अगूठेसे दबाकर बन्द कर लो और नलिकाको पानीके बाहर निकाल लो। अगूठेके दबावको जरासा कम करके बूँद बूँद करके पानी गिराते जाओ, जब वक्रतलका निचला विन्दु रेखाको छूए हुए दिखाई पडे तभी फिर कसकर दबा लो और जिस बर्तनमें पानी लेना चाहो उसमें गिरा लो। अन्तमें कुछ पानी नलीके सिरेपर रह जायगा। इसलिए इस सिरेको पानीमें छुआ दो, थोडा पानी और गिर पडेगा। थोडी देरतक ठहरकर नलिका अलग रख दो। इतना करनेपर भी जो पानी लगा रह जाता है उसका हिसाब नहीं किया जाता, क्योंकि चिह्न बनाते समय इस बातका विचार कर लिया जाता है। नलिकाके उभडे हुए भागपर जो अक लिखा रहता है उतना घन सेंटीमीटर पानी प्रत्येक बार निकाला जा सकता है।

नपनी कुप्पी (Measuring flask)—कभी कभी ऐसी कुप्पियोंसे नापनेका काम बडी आसानीसे लिया जाता है, जिनमें एक साथ १०००, ५००, २५०, या १०० घन सेंटीमीटर द्रव नापा जा सकता है। ऐसी कुप्पियोंकी गर्दनमें गोल रेखा खिची रहती है। जब उस चिह्नतक वक्रतलका निचला

हैं, ऐसी अवस्थामें चिह्नके पढनेमें यह विचार करना पड़ता है कि कौनसा लिया जाय क्योंकि आँखोंको भिन्न स्थानोंमें ले जानेसे कभी एक चिह्न उस तलके सामने दीखता है और कभी दूसरा, जैसा चित्र १९ से प्रकट होता है। इस कठिनाईको दूर करनेके लिए आँखको उस (level) तलपर रखना चाहिये जिसपर (meniscus) वक्रतलका सबसे नीचेवाला विन्दु हो। पारेमें यह वक्रतल ऊपर उठा रहता है इसलिए पारा-तलके पढनेमें आँख उस तलपर करना चाहिये जिसपर वक्रतलका सबसे ऊपरवाला विन्दु हो।



चित्र २१

चित्र २०

ख स्थानपर आंख हो तो मालूम होता है कि द्रव तल १ पर है, क पर आँख हो तो वही द्रवतल २ पर मालूम होता है और ग पर हो तो ३ पर मालूम होता है। वास्तवमें आंखको क स्थानपर रहना चाहिये। यदि एक सफेद कागज़ तलके पीछे और पास ही इस प्रकार रखा जाय कि उसका निचला किनारा द्रव-तलसे तनिकसा नीचे रहे तो चिह्नके पढनेकी कठिनाई बहुत कम हो जाय।

नलिका या पिपेट (Pipette)—जब किसी बडे बर्तनमेंसे अथवा किसी बीकरसे द्रव नापकर निकालना होता है तब नपना घट और ब्यूरटसे काम करनेमें असुविधा होती है। ऐसे अवसरपर नलिकाका प्रयोग करते हैं (चित्र २०, २१)। यह एक पतली नली होती है जो बीचमें द्रव-तल भरनेकेलिए उभडी रहती है

प्रयोग १२—किसी बड़ी बोतलका आयतन (capacity) नापना।

नपने घटमें पानी ऊपरवाले चिह्नतक भरकर बोतलमें धीरे धीरे छोड़ो, जब बोतल बिलकुल भर जाय नपनेको हटाकर देखो पानी किस चिह्नतक है। इस चिह्नवाले अङ्कको ऊपरवाले चिह्नके अङ्कसे घटा दो। यही अन्तर उस बोतलका आयतन है। यदि बोतल न भरे और नपनेका पानी सब निकल जाय तो नपनेको थोड़ी देरतक बोतलमें ही नीचेकी तरफ थामे रहो जब सारा पानी निथर जाय, फिर भरकर बोतलमें छोड़ो। बोतलके भरजानेपर देखो कुल कितना पानी छोड़ा गया। तीन बार इसी तरह बोतल भरो और उत्तरोंकी औसत निकालो।

प्रयोग १३—दवातका आयतन नापना।

इसके लिए ब्यूरट प्रयोग करना चाहिये। दवातको साफ करके सुखा लो और ब्यूरटमें पानी भरकर देखो किस चिह्नपर है। चुटकी ढीली करके दावात भर लो। जिस समय दवात भर जाय चुटकी छोड़ दो और देखो अब पानी किस चिह्नपर है। दोनोंका अन्तर दवातका आयतन होगा। तीन बार ऐसा ही करो और उत्तरोंकी औसत निकालो। उत्तरोंको इस तरह लिखो—

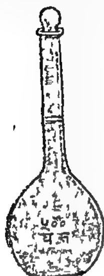
पहली बार—

ब्यूरट का दूसरा चिह्न	. घन सें० मी०	
,, पहला चिह्न	घन सें मी०	
दवातका आयतन		घन सें० मी०

दूसरी बार—

ब्यूरटका दूसरा चिह्न	घन सें० मी०	
,, पहला चिह्न	,,	
दवातका आयतन		घन सें मी०

विन्दु पहुँच जाता है तब समझते हैं कि इसमें उतना घन सें० मी० द्रव भर गया है जो कुप्पीपर लिखा रहता है। १००० घन



चित्र २२

सेंटीमीटरवाली कुप्पीको लीटर-कुप्पी (litre flask) कहते है, ५०० घ० सें० मी० वाली कुप्पीको अर्द्ध लीटर कुप्पी इत्यादि। १००० घन सेंटीमीटरका नाम एक लीटर रखा गया है (देखो चित्र २२)।

ब्रिटिश राज्यमें द्रव नापनेके लिए (pint, quart, gallon) पैन्ट, क्वार्ट और गैलनके नपने काम लायेमें जाते हैं। एक गैलन चार क्वार्टके बराबर होता है और एक क्वार्ट दो पैन्टके।

इन नपनोंपर 25° C (२५°श) क्यों लिखा रहता ?

गरमी से सभी चीजें बढती हैं और सरदीसे सिकुडती हैं। इसकी परीक्षा सब कोई कर सकता है। एक छोटी है। कटोरीमें पानी भरकर आगपर रख दो। थोडी देरमें जब पानी गरम होकर बढेगा तब आगमें गिरकर आगको बुझा देगा। दूधका उफनना सबको मालूम है, यह भी उसी कारण होता है। किसी पदार्थके घनफल और तोलमें विशेष सम्बन्ध होता है। एक लीटर गरम और एक लीटर ठंडा पानी तोला जाय तो यह प्रकट हो जायगा कि गरम पानी तोलमें कम है। २५° श का चिन्ह एक विशेष गरमीको प्रकट करता है जिससे नापनेवालेको मालूम रहे कि इसमें भरा हुआ द्रव २५° श की गरमीमें विशेष तोलका होता है। यह बात तापका अध्याय पढ़नेपर पूरी तरह समझमें आ जायगी।

प्रयोग १२—किसी बड़ी बोतलका आयतन (capacity) नापना।

नपने घटमें पानी ऊपरवाले चिह्नतक भरकर बोतलमें धीरे धीरे छोड़ो, जब बोतल बिलकुल भर जाय नपनेको हटाकर देखो पानी किस चिह्नतक है। इस चिह्नवाले अङ्कको ऊपरवाले चिह्नके अङ्कसे घटा दो। यही अन्तर उस बोतलका आयतन है। यदि बोतल न भरे और नपनेका पानी सब निकल जाय तो नपनेको थोडी देरतक बोतलमें ही नीचेकी तरफ थामे रहो जब सारा पानी निथर जाय, फिर भरकर बोतलमें छोड़ो। बोतलके भरजानेपर देखो कुल कितना पानी छोड़ा गया। तीन बार इसी तरह बोतल भरो और उत्तरोंकी औसत निकालो।

प्रयोग १३—दवातका आयतन नापना।

इसके लिए ब्यूरट प्रयोग करना चाहिये। दवातको साफ करके सुखालो और ब्यूरटमें पानी भरकर देखो किस चिह्नपर है। चुटकी ढीली करके दावात भर लो। जिस समय दवात भर जाय चुटकी छोड़ दो और देखो अब पानी किस चिह्नपर है। दोनोंका अन्तर दवातका आयतन होगा। तीन बार ऐसा ही करो और उत्तरोंकी औसत निकालो। उत्तरोंको इस तरह लिखो—

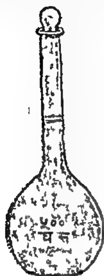
पहली बार—

ब्यूरट का दूसरा चिह्न	. घन सें० मी०	
,, पहला चिह्न	घन सें मी०	
दवातका आयतन		घन सें० मी०

दूसरी बार—

ब्यूरटका दूसरा चिह्न	घन सें० मी०	
,, पहला चिह्न . .	,,	
दवातका आयतन .		घन सें मी०

विन्दु पहुँच जाता है तब समझते हैं कि इसमें उतना घन सें० मी० द्रव भर गया है जो कुप्पीपर लिखा रहता है। १००० घन सेंटीमीटरवाली कुप्पीको लीटर-कुप्पी (litre flask) कहते हैं, ५०० घ० सें० मी० वाली कुप्पीको अर्द्ध लीटर कुप्पी इत्यादि। १००० घन सेंटीमीटरका नाम एक लीटर रखा गया है (देखो चित्र २२)।



चित्र २२

ब्रिटिश राज्यमें द्रव नापनेके लिए (pint, quart, gallon) पैन्ट, क्वार्ट और गैलनके नपने काम लायेमें जाते हैं। एक गैलन चार क्वार्टके बराबर होता है और एक क्वार्ट दो पैन्टके।

इन नपनोपर 25° C (२५°श) क्यों लिखा रहता ?

गरमी से सभी चीजें बढती हैं और सरदीसे सिकुडती हैं। इसकी परीक्षा सब कोई कर सकता है। एक छोटी है। कटोरीमें पानी भरकर आगपर रख दो। थोडी देरमें जब पानी गरम होकर बढेगा तब आगमें गिरकर आगको बुझा देगा। दूधका उफलना सबको मालूम है, यह भी उसी कारण होता है। किसी पदार्थके घनफल और तोलमें विशेष सम्बन्ध होता है। एक लीटर गरम और एक लीटर ठंडा पानी तोला जाय तो यह प्रकट हो जायगा कि गरम पानी तोलमें कम है। २५° श का चिन्ह एक विशेष गरमीको प्रकट करता है जिससे नापनेवालेको मालूम रहे कि इसमें भरा हुआ द्रव २५° श की गरमीमें विशेष तोलका होता है। यह बात तापका अध्याय पढ़नेपर पूरी तरह समझमें आ जायगी।

वस्तु उसमें डूब जाय। पानी भर चुकनेपर पानी तलका चिह्न लिख लो, नपनेको झुकाकर ठोसको धीरेसे लुढका दो। याद रखो कि पानी उछलकर बाहर न निकल पड़े। नपनेके झुकानेमें दो बातोंका लाभ होता है—(१) बर्तनके टूटनेका डर नहीं रहता और (२) पानी उछलकर बाहर नहीं जा पहुँचता। यदि ठोसमें हवाके बुलबुले इधर उधर चिपके हों तो नपना हिला देनेसे निकल जायगे। इसपर भी न निकलें तो शीशेके कलमसे उनको छुड़ा दो। जब सब बुलबुले निकल जाय पानी-तलका चिह्न फिर लिख लो। इन दोनोंका अन्तर उस ठोस-का घनफल होगा, क्योंकि यह उठे हुए पानीका घनफल है और पानी उतना ही उठेगा जितना हटानेवाले ठोसका घनफल है।

(२) वस्तु बहुत छोटी हो तो ब्यूरट लेकर उसका आयतन ऊपरवाली रीतिसे निकालो।

(३) यदि वस्तु बहुत बड़ी हो तो यह युक्ति करो—

एक ऐसा बर्तन लो जिसमें वह वस्तु ऐसी रखी जा सके कि पानी भरनेपर बिलकुल डूब जाय। उस बर्तनका आयतन कही हुई विधिके अनुसार मालूम कर लो। वस्तुको बर्तनमें रखकर देखो अब कितना पानी छोड़नेसे बर्तन भर जाता है। बर्तनके आयतनमेंसे इस पानीका घनफल घटाओ। अन्तर उस वस्तुका घनफल होगा।

प्रयोग १७—पानीमें तैरनेवाली ठोस वस्तुका घनफल निकालना।

(१) नपना बर्तनमें इतना पानी भरो कि वस्तु डूब सके। पानीतलका चिह्न पढ़कर वस्तुको नपनेमें छोड़ दो और एक लम्बी सुईसे उसे पानीमें दबाकर डुबो दो, हवाके बुलबुलोंको

तीसरी बार—

ब्यूरटका दूसरा चिह्न घन सें० मी०

" पहला चिह्न "

दवातका आयतन घन सें० मी०

तीनों उत्तरोंकी औसत घन सें० मी०

नोट—यदि निचले निशानतक ब्यूरटमें पानी आ जाय और दवात न भरे तो फिर पानी भरकर इसी प्रकार छोड़ो, जब दवात भर जाय तब चिह्नको पढ़कर जोड़ लो। आगेसे सारे प्रयोगोंको तीन तीन बार करके उत्तरकी शुद्धता जाचनी होगी।

प्रयोग १४—किसी बहुत बड़े बर्तनका आयतन नापना।

लीटर-नपना या लीटर कुप्पीसे पानी भर भर कर बर्तन में छोड़ो। जब बर्तन भर जाय और अन्तिम बार नपनेमें कुछ पानी रह जाय तब इस पानीको नपना घटमें नाप लो। मान लो कि बारहवी बार नपनेमें ३५० घन सें० मी० पानी रह गया जिस समय घटा बर्तन भर चुका। कुल पानी १२ × १००० घ० सें० मी० लिया गया जिसमेंसे ३५० घ० सें० मी० पानी बच गया। इसलिए बर्तनका आयतन १२ × १०००–३५० घ० सें० मी० अर्थात् ११६५० घ० सें० मी० है।

प्रयोग १५—ब्रिटिश और मेट्रिक नपनोंका सम्बन्ध जाचना।

पैन्ट नपना लेकर उसके निशानतक नपना घटसे पानी भरकर छोड़ो और प्रयोग १४ के अनुसार हिसाब लगाओ।

प्रयोग १६—पानीमें डूब जानेवाले ठोसका घनफल मालूम करना।

(१) एक ऐसा नपना-घट लो जिसमें यह ठोस आसानीसे जा सके। नपनेमें इतना पानी भर लो कि ठोस

वस्तु उसमें डूब जाय। पानी भर चुकनेपर पानी तलका चिह्न लिख लो, नपनेको झुकाकर ठोसको धीरेसे लुढका दो। याद रखो कि पानी उछलकर बाहर न निकल पडे। नपनेके झुकानेमें दो बातोंका लाभ होता है–(१) घटके टूटनेका डर नहीं रहता और (२) पानी उछलकर बाहर नहीं जा पहुँचता। यदि ठोसमें हवाके बुलबुले इधर उधर चिपके हों तो नपना हिला देनेसे निकल जायगे। इसपर भी न निकलें तो शीशेके कलमसे उनको छुआ दो। जब सब बुलबुले निकल जायं पानी-तलका चिह्न फिर लिख लो। इन दोनोंका अन्तर उस ठोस-का घनफल होगा, क्योंकि यह उठे हुए पानीका घनफल है और पानी उतना ही उठेगा जितना हटानेवाले ठोसका घनफल है।

(२) वस्तु बहुत छोटी हो तो ब्यूरट लेकर उसका आयतन ऊपरवाली रीतिसे निकालो।

(३) यदि वस्तु बहुत बडी हो तो यह युक्ति करो—

एक ऐसा बर्तन लो जिसमें वह वस्तु ऐसी रखी जा सके कि पानी भरनेपर बिलकुल डूब जाय। उस बर्तनका आयतन कही हुई विधिके अनुसार मालूम कर लो। वस्तुको बर्तनमें रखकर देखो अब कितना पानी छोडनेसे बर्तन भर जाता है। बर्तनके आयतनमेंसे इस पानीका घनफल घटाओ। अन्तर उस वस्तुका घनफल होगा।

प्रयोग १७—पानीमें तैरनेवाली ठोस वस्तुका घनफल निकालना।

(१) नपना घटमें इतना पानी भरो कि वस्तु डूब सके। पानीतलका चिह्न पढकर वस्तुको नपनेमें छोड दो और एक लम्बी सुईसे उसे पानीमें दबाकर डुबो दो, हवाके बुलबुलोंको

छुडाकर पानीतलके चिह्नको फिर पढो। दोनों चिह्नोंका अन्तर वस्तुके घनफलके बराबर होगा।

(२) वस्तु बहुत छोटी हो तो ब्यूरटसे इसी प्रकार आयतन निकालो।

(३) एक ऐसा डुबनेवाला ठोस लो जो तैरनेवाले ठोसको भी डुबा सके। पहले डुबनेवाले ठोसका घनफल निकालो, फिर दोनोंको डोरेसे बांधकर एक साथ घनफल निकालो। दोनोंके घनफलमेंसे डुबनेवालेका घनफल घटा देनेसे उतराने वालेका घनफल निकल आएगा। इसको यों लिखो—

डुबाने और तैरनेवालेका मिलाकर घनफल	=	घ० सें० मी०
केवल डुबानेवालेका घनफल	=	"
तैरनेवालेका घनफल	=	"

प्रयोग १८—सुईका, या सीसेके छर्रोंका, घनफल नापना।

एक सुई या एक गोली या छर्रेका घनफल निकालनेमें बहुत बडी अशुद्धि होनेका डर है। इसलिए ३०, ४०, ५० या ६० ऐसी सुइयों वा छर्रोंको चुने कि प्रत्येकका घनफल देखनेमें प्राय. एकसा हो। सबका घनफल ब्यूरट द्वारा एक साथ निकालकर जितनी सुइयां या छर्रे हों उनकी संख्यासे भाग दे दे तो एक सुई वा छर्रेका घनफल निकल आयेगा।

यहां यह बतला देना उचित जान पडता है कि छोटी वस्तुओंके नापने जोखनेमें बडी सावधानीकी आवश्यकता पड़ती है, क्योंकि इसमें जरासी भी गलती हो जानेसे उत्तरमें बहुत कुछ अंतर पड जाता है। इसलिए जहांतक हो सके छोटी चीज़ोंको बडे नपनोंसे नापनेके लिए उसी प्रकारकी

बहुत सी चीजें लेकर नापे और तब एककी नाप निकाले। यह बात एक उदाहरणसे स्पष्ट हो जायगी।—

मान लो ब्यूरट द्वारा एक सुईका आयतन निकालना है। ब्यूरटमें दशांश घन सेंटीमीटर तकके चिह्न बने रहते हैं परन्तु विंशिनाश घन सेंटीमीटर तक पढा जा सकता है, मान लो सुईका आयतन यथार्थमें ०७ घन सेंटीमीटर है, किन्तु पढा जाता है १ घन सेंटीमीटर अथवा ०५ घन सेंटीमीटर। इस तरह या तो ०३ घ० सं० मी० की अशुद्धि पडती है या ०२ घ० सें० मी० की।

पहली अशुद्धिसे प्रति सैकडा $\frac{०३ \times १००}{०७}$ या ४३ की अशुद्धि होती है, और दूसरी अशुद्धिसे " $\frac{०२ \times १००}{०७}$ या २८ ६ " "।

परन्तु यदि ६० सुइयोंका एक साथ घनफल निकाला जाय तो ब्यूरटसे उनका घनफल या तो ४ २५ या ४ १५ घनसेंटीमीटर पढा जायगा जब कि यथार्थ में उनका घनफल ४ २ घ० सें० मी० है। इस तरह ६० सुइयोंके घनफलमें ०५ की अशुद्धि हुई और १ सुईके घनफलमें $\frac{०५}{६०}$ या ०००८३ घन सें० मी० की अशुद्धि हुई। इसलिए

प्रति सैकडा $\frac{०००८३ \times १००}{०७}$ या $\frac{०८३}{०७}$ या $\frac{८३}{७}$ या १ २ की अशुद्धि हुई।

प्रयोग १६—घन सेंटीमीटर और घन इंचका सम्बन्ध जाचना।

यों तो गुरसे जाना जा सकता है कि १ घन इञ्च =२ ५४ × २ ५४ × २ ५४ घन सेंटीमीटर, क्योंकि एक इञ्च-

घनका प्रति किनारा २.५४ सेंटीमीटरके बराबर होता है। परन्तु प्रयोग द्वारा जाननेके लिए इतना देख लेना बस है कि, एक इञ्च घन कितना घन सेंटीमीटर पानी हटाता है। यदि और शुद्धता चाहते हो तो एक इञ्च-घनके स्थानमें एक ऐसा आयताकार ठोस लो जिसका घनफल कई घन इञ्च हो। जितना घन सेंटीमीटर पानी यह ठोस हटावे उसको उस ठोसके घनफलके घन इञ्चोंके अङ्कसे भाग देदो। भजनफलका अंक उतने घन सेंटीमीटरोंकी संख्या होगी जो एक घन इञ्चके बराबर है।

अभ्यासार्थ प्रश्न—६

१—एक सन्दूक २५ सें० मी० लम्बी, १२ सें० मी० चौडी और १० सें० मी० गहरी है। इसका आयतन लीटरोंमें निकालो।

२—दो डेसीलीटरोंमें कितने सेंटीमीटर शामिल हैं?

३—एक घन इञ्चमें कितने घन मिलीमीटर होते हैं?

४—सोनेके कमरेमें प्रत्येक मनुष्यके लिए ६०० घनफुट हवाकी आवश्यकता पडती है। यदि कमरेकी भीतरी लम्बाई १० गज और चौडाई ३ गज रखी जाय तो कमरा कितना ऊचा करना चाहिये जिसमें ५ मनुष्योंके सोनेमें आवश्यक हवा मिलती रहे।

५—एक बर्तनमें ८० लीटर पानी भरा हुआ है। एक कुटुम्बमें ५ मनुष्य रहते हैं, यदि प्रत्येक मनुष्य प्रति दिन ३½ पैन्ट पानी व्यवहारमें लाने पावे तो यह पानी कितने दिनतक चलेगा? (१ लीटर=१$\frac{3}{4}$ पैन्ट)

५—बेलन, सूची आदिका घनफल

बेलनका घनफल

आयताकार ठोसका घनफल=ल × च × उ

जहाँ ल = ठोसकी लम्बाई, च = ठोसकी चौडाई और उ = ठोसकी ऊचाई।

परन्तु उस ठोसके लम्बे चौडे तलका क्षेत्रफल = ल × च, इसलिए उसका घनफल=लम्बे चौडे तलका क्षेत्रफल × उ, और यह उ दोनों लम्बे चौडे तलोंकी दूरी है। इसलिए आयताकार ठोसका घन फल निकालनेके लिए उसके किसी तलके क्षेत्रफलको सामनेवाले तलकी दूरीसे गुणा कर दो। गुणनफल, ठोसका घनफल होगा।

किसी बेलनके (cylinder) देखनेसे मालूम होता है कि उसके दो सिरे समान क्षेत्रफलके और आमने सामने होते हैं, इसलिए इसका घनफल भी किसी एक सिरेके क्षेत्रफलको दूसरे सिरेकी दूरीसे गुणा करनेसे मालूम हो जायगा। इसका सिरा गोल होता है इसलिए उसका क्षेत्रफल=π (त्र)^2 जहा त्र सिरेका अर्द्धव्यास है। यदि उ बेलनके सिरोंकी दूरी अर्थात् बेलनकी ऊचाई मान ली जाय तो बेलनका घनफल=उ × π (त्र)^2=उ × π × त्र^2। यही बेलनके घनफल निकालनेका गुरु होना चाहिये।

नोट—आयताकार, घनाकार और बेलनके आकार इत्यादिका ठीक ठीक बरादना जिससे चारों ओर एक ही नाप उतरे बड़ा कठिन काम है, जिससे उनका दाम बहुत बढ़ा हुआ रहता है और साधारण कारखानोंमें उनका

बनाना भी असम्भव है। इसलिए मामूली ही ठौरोंसे नाप लेना पड़ता है। अशुद्धिको कम करनेके लिए एक ही नाप कई स्थानोंमें लेनी चाहिये कमसे कम ऊपर, नीचे और बीचमें तीन नाप अवश्य लेकर उनकी औसत निकाले और इसी औसतको शुद्ध नाप समझे।

प्रयोग २०—एक बेलनका घनफल नापकर निकालना।

मीटर रूलसे औसत ऊंचाई और कैलीपरसे औसत व्यास नापकर लिखो और गुरुके सहारे घनफल निकाल लो।

प्रयोग २१—प्रयोग २० वाले बेलनके घनफलकी शुद्धता जांचना।

यदि बेलन धातुका हो तो प्रयोग १८ की किसी रीतिके अनुसार और उतरानेवाले पदार्थका हो तो प्रयोग १७ की किसी रीतिसे, जिसमें सुभीता पड़े, घनफल निकालो और देखो कि दोनोंमें कितना अन्तर पड़ता है।

इन दोनों प्रयोगोंमें शुद्ध नापनेकी कठिनाइयोंके कारण कुछ अशुद्धि रह जाती है। इसी अवगुणको कम करनेके लिए नीचे लिखी रीतिसे भी घनफल निकालते हैं।

प्रयोग २२—इसी बेलनका घनफल तौलकर निकालना।

पहले एक ऐसा आयताकार वा घनाकार टुकड़ा उसी पदार्थका लो, जिसका बेलन बना हुआ हो। इसका घनफल औसत लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाई नापकर मालूम कर लो। इसको तौल लो और घनफलकी इकाइयोंकी संख्यासे तौलको भाग दे दो, जिससे एक घन सेंटीमीटर पदार्थकी तौल मालूम हो जायगी। बेलनको तौलकर एक घन सेंटीमीटरकी तौलसे भाग दे दो, यही बेलनका घनफल होगा। नापोंको इस प्रकार लिखो :—

आयताकार वस्तुकी औसत लम्बाई = सेंटीमीटर

" " चौड़ाई = "

" " ऊंचाई = "

" का घनफल = घ० सेंटीमीटर

आयताकार वस्तुकी तोल = ग्राम

१ घन सें० मी० पदार्थकी तोल

$$= \frac{\text{आयताकार वस्तुकी तोल}}{\text{आयताकार वस्तुके घनफलकी संख्या}} = \text{ ग्राम}$$

बेलनकी तोल = ग्राम

$$\text{बेलनका घनफल} = \frac{\text{बेलनकी तोल}}{\text{१ घन सें० मी० पदार्थकी तोल}}$$

$$= \text{ घन सें० मी०}$$

तीन बारकी औसत निकालो।

और अधिक शुद्धता चाहते हो तो बेलनकी तोलको उस पदार्थके गुरुत्वसे भाग दो। इस गुरुत्वका अंक किसी अच्छी वैज्ञानिक पुस्तकसे लो। आगे चलकर यह भी बतलाया जायगा कि और आसानीसे किसी वस्तुका घनफल कैसे निकाला जाता है।

उदाहरण १—एक बेलनकी लम्बाई ५ फुट और उसका अर्द्धव्यास २½ फुट है, उसका घनफल कितना होगा?

$$घ = \pi \times त्र^2 \times उ$$

जहां घ बेलनका घनफल, त्र व्यासार्द्ध और उ उसकी ऊंचाई अथवा लम्बाई है। इसलिए—

$$घ = \pi \times \left(१\frac{१}{२}\right)^{२} \times ५ \text{ घन फुट}$$

$$= ३.१४ \times \frac{९}{४} \times ५ \text{ घन फुट}$$

$$= \frac{१४१.३}{४} \text{ घन फुट}$$

$$= ३५.३२५ \text{ घन फुट}$$

उदाहरण २—एक गोल कुंडकी गहराई १० फुट और गोलाई ३७.६८ फुट है। इसमें कितना घन फुट पानी भरा जा सकता है और यदि एक घन फुट पानीकी तोल ३१.२५ सेर हो तो भरे हुए पानीकी तोल कितनी होगी?

कुंडकी गोलाई=३७.६८ फुट

$$\therefore \text{ उसका अर्द्धव्यास} = \frac{३७.६८}{२\pi} \text{ फुट}$$

$$= \frac{३७.६८}{२ \times ३.१४} \text{ फुट}$$

$$= ६ \text{ फुट}$$

$$\text{कुंडका घनफल} = \pi \times ६^{२} \times १० \text{ घन फुट}$$

$$= ३.१४ \times ३६ \times १० \text{ घन फुट}$$

$$= ११३०.४ \text{ घन फुट}$$

एक घनफुट पानीकी तोल ३१.२५ सेर है, इसलिए कुण्डमें भरे हुए पानीकी तोल=११३०.४ × ३१.२५ सेर=३५३२५ सेर

अभ्यासार्थ प्रश्न—१०

(१) एक बेलनका व्यास १५.४ सें० मीटर और ऊंचाई २० सें० मी० है तो उसका घनफल बताओ।

(२) एक कुआं ५० फुट गहरा है, जिसमें १२ फुट पानीकी गहराई है तो कुए में पानीके ऊपर कितने घन फुट हवा है ? कुए की गोलाई ६ २८ गज़ है ।

(३) एक नलसे जिसका भीतरी व्यास २ इंच है, १२ घन्टेमें कितना पानी भरा जा सकता है, यदि पानीकी चाल प्रति सेकण्ड २ फुट हो ।

(४) एक सीसेके नलका बाहरी और भीतरी व्यास क्रमसे ६ सें० मी० और ५ २ सें० मी० है । नलकी लम्बाई यदि १२ फुट हो तो उसके बनानेमें कितना सीसा गलाया गया होगा ?

(५) एक घटकी (jar) गहराई १५ सेंटीमीटर है और उसका व्यास ४ सेंटी मीटर, ५० घन सेंटीमीटर पानी भर देनेपर कितनी गहराई तक घट खाली रहेगा और यह खाली गहराई कुल गहराईका कौनसा भाग होगी ?

(६) एक चांदीकी चद्दर बिल्कुल गोल और सब स्थानमें एकसी मोटी है, इसका अर्द्धव्यास १५ सेंटीमीटर और मोटाई ३ सेंटीमीटर है । यदि एक घन सेंटीमीटर चांदीके दाम १० आने हों तो कुल चद्दरके बेचनेमें कितना रुपया मिलेगा ।

(७) एक सेर तौलवाला पत्थर दो असमान भागोंमें टूट गया, बिना तराज़ू या कमानीदार कांटेके, इनकी तौल कैसे मालूम कर सकते हो ?

(८) १०० घन सेंटीमीटरवाले नपना घटमें एक एक घन सेंटीमीटरके चिन्ह लगाये हुए हैं । यदि घटका व्यास २ ६ सेंटीमीटर हो तो एक चिह्नसे दूसरेकी दूरी क्या होगी ?

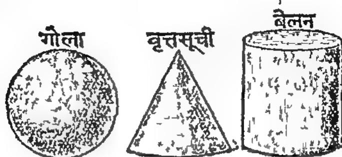
अभ्यासार्थ प्रयोग

१—किसी टेढे मेढे ठोसका आयतन तोलकर निकालो ।

वृत्त-सूची, गोला और वेलन

एक ही ऊंचाई और व्यासवाली (cone) वृत्तसूची, (sphere) गोले और वेलनके आयतनोंमें एक विशेष सम्बन्ध रहता है जिसके जान लेनेसे वृत्त सूची और गोलोंके आयतन

निकालनेका भी गुर मालुम हो जायगा। इसलिए यह सम्बन्ध जानना आवश्यक है। (देखो चित्र १३)



चित्र १३

प्रयोग २३—एक ही ऊंचाई और व्यासवाली वृत्त-सूची, गोले और बेलनका घनफल तोलकर निकालना।

यह सब चीजें एक ही पदार्थकी (अर्थात् एक ही धातु या लकड़ी) बनी हुई लो, और २२वें प्रयोगके अनुसार सबका घनफल तोलकर निकालो। नीचेकी भांति खाना बनाकर इस प्रकार लिखो :—

नाम	तोल	आयतन
वृत्तसूची		
गोला		
बेलन		

(१) वृत्तसूचीका आयतन / बेलनका आयतन =

(२) गोलेका आयतन / बेलनका आयतन =

यदि तोलनेमें असावधानी न हुई होगी तो वृत्तसूचीके आयतनको बेलनके आयतनसे भाग देनेपर १/३ और गोलेके आयतनको बेलनके आयतनसे भाग देनेपर २/३ आवेगा।

यदि एक खोखला बेलन ऐसा हो जिसकी भीतरी ऊंचाई और व्यास वृत्तसूची और गोलेकी ऊंचाई और व्यासके बराबर हो तो ब्यूरटसे भी इन सम्बन्धोंकी शुद्धताकी जांच की जा सकती है। इसके लिए नीचेवाले प्रयोग करो।

प्रयोग २४—वृत्तसूची, गोला और बेलनका सम्बन्ध ब्यूरटसे निकालना।

पहले देखो, बेलनमें कितना पानी भरा जा सकता है। यही बेलन का आयतन होगा। पानी निकालकर बेलनको सुखा लो और वृत्तसूची बेलनके भीतर रखकर देखो अब कितने पानीसे बेलन भर आता है और वृत्त सूची डूबी रहती है। पानीके इस आयतनको बेलनके आयतनसे घटानेपर वृत्त सूचीका आयतन मालूम होगा।

इसी तरह गोलेको भी बेलनके भीतर रखकर और पानी भरकर गोलेका आयतन निकालो।

नापोंको इस तरह लिखो—

वेलनको पानीसे भर देनेपर ब्यूरटका चिह्न= घ० सें० मी०
" " भरनेके पहले " = घ० सें० मी०
(१) वेलनका आयतन = घ० सें० मी०
वृत्तसूचीको वेलनमें रखकर और पानीसे भर देनेपर
ब्यूरटका चिह्न = घ० सें० मी०
वृत्तसूचीको वेलनमें रखकर और पानीसे
भरनेके पहले ब्यूरटका चिह्न = घ० सें० मी०
(२) वृत्तसूचीके रहते हुए जितने
पानीसे वेलन भर जाता है वह = घ० सें० मी०
∴ वृत्तसूचीका आयतन= (१)—(२)
इसी तरह गोलेका भी आयतन निकालो।

यदि यह उतरानेवाले पदार्थके हों तो आलपीनसे इनको डुबा रखना चाहिये। इनसे भी वही सम्बन्ध निकलेगा जो तोलकर आया है अर्थात्

$$\frac{\text{वृत्तसूचीका आयतन}}{\text{वेलनका आयतन}} = \frac{१}{३}$$

$$\frac{\text{गोलेका आयतन}}{\text{वेलनका आयतन}} = \frac{२}{३}$$

वृत्तसूची, और गोलोके घनफल निकालनेके गुर

यह दिखलाया जा चुका है कि,

$$\text{घ} = \pi\, \text{त्र}^{2} \times \text{उ}$$

जहां घ = वेलनका घनफल, त्र = वेलनका व्यासार्द्ध और उ = वेलनकी ऊंचाई।

वृत्तसूचीका घनफल वेलनके घनफलका तिहाई होता है, जब वृत्तसूचीकी ऊंचाई और उसके आधारका व्यास क्रमसे वेलनकी ऊंचाईके और व्यासके बराबर हों ।

वृत्तसूचीका घनफल $=\frac{1}{3}\times \pi$ त्र $^2\times$ उ . (१)

परन्तु वेलन, गोले और वृत्तसूचीकी ऊंचाइयां समान हैं और गोलेकी ऊंचाई और व्यास बराबर हैं, इसलिए उ=२ त्र और

गोलेका घनफल $=\frac{1}{3}\times \pi \times$ त्र$^2\times$ २त्र $=\frac{2}{3}\times \pi$ त्र^3

यदि वृत्तसूचीकी ऊंचाई आधारके व्यासके समान न हो तो गुर यह होगा, वृत्तसूचीका घनफल $=\frac{1}{3}\times \pi$ त्र$^2\times$उ (देखो गुर (१))

उदाहरण (१)—वृत्त-सूचीके आधारका व्यास ५ फुट है और ऊंचाई १२ फुट, तो उसका घनफल क्या है ?

घ $=\frac{1}{3}\pi$ त्र^2 उ

जहां घ = वृत्त-सूचीका घनफल,

त्र = " व्यासार्द्ध

उ = " की ऊँचाई

दी हुई वृत्त-सूचीका घनफल

$=\frac{1}{3}\times 3.14\times(2.5)^2\times 12$

$= 78.5$ घनफुट

(२)—एक गोलेका व्यास ४ इंच है तो उसका घनफल कितना है ?

बेलनको पानीसे भर देनेपर ब्यूरटका चिह्न= घ० सें० मी०
" " भरनेके पहले " = घ० सें० मी०

(१) बेलनका आयतन = घ० सें० मी०

वृत्तसूचीको बेलनमें रखकर और पानीसे भर देनेपर
ब्यूरटका चिह्न = . घ० सें मी०

वृत्तसूचीको बेलनमें रखकर और पानीसे
भरनेके पहले ब्यूरटका चिह्न = . घ० सें० मी०

(२) वृत्तसूचीके रहते हुए जितने
पानीसे बेलन भर जाता है वह = घ० सें० मी०

वृत्तसूचीका आयतन= (१)—(२)

इसी तरह गोलेका भी आयतन निकालो।

यदि यह उतरानेवाले पदार्थके हों तो आलपीनसे इनको डुबा रखना चाहिये। इनसे भी वही सम्बन्ध निकलेगा जो तोलकर आया है अर्थात्

$$\frac{\text{वृत्तसूचीका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}} = \frac{१}{३}$$

$$\frac{\text{गोलेका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}} = \frac{२}{३}$$

वृत्तसूची, और गोलोके घनफल निकालनेके गुर

यह दिखलाया जा चुका है कि,

$$\text{घ} = \text{π} \, \text{त्र}^2 \times \text{उ}$$

जहां घ = बेलनका घनफल, त्र = बेलनका व्यासार्द्ध और उ = बेलनकी ऊंचाई।

वृत्तसूचीका घनफल वेलनके घनफलका तिहाई होता है, जब वृत्तसूचीकी ऊंचाई और उसके आधारका व्यास क्रमसे वेलनकी ऊंचाईके और व्यासके बराबर हों।

वृत्तसूचीका घनफल=$\frac{1}{3}\times\pi$ त्र$^2\times$उ (?)

परन्तु वेलन, गोले और वृत्तसूचीकी ऊंचाइयां समान हैं और गोलेकी ऊंचाई और व्यास बराबर हैं, इसलिए उ=२ त्र और

गोलेका घनफल=$\frac{2}{3}\times\pi\times$ त्र$^2\times$ २त्र=$\frac{4}{3}\times\pi$ त्र^3

यदि वृत्तसूचीकी ऊंचाई आधारके व्यासके समान न हो तो गुर यह होगा, वृत्तसूचीका घनफल=$\frac{1}{3}\times\pi$ त्र$^2\times$उ (देखो गुर (१))

उदाहरण (१)—वृत्त-सूचीके आधारका व्यास ५ फुट है और ऊँचाई १२ फुट, तो उसका घनफल क्या है ?

घ = $\frac{1}{3}\pi$ त्र^2 उ

जहां घ = वृत्त-सूचीका घनफल,

त्र = " व्यासार्द्ध

उ = " की ऊँचाई

दी हुई वृत्त-सूचीका घनफल

= $\frac{1}{3}\times$३.१४$\times$(२.५)$^2\times$१२

= ७८.५ घनफुट

(२)—एक गोलेका व्यास ४ इंच है तो उसका घनफल कितना है ?

घ = $\frac{4}{3}$ π त्र³

जहां घ = गोलेका घनफल

त्र = " व्यासार्द्ध

∴ दिये हुए गोलेका घनफल = $\frac{4}{3}$ × ३ १४ × २³ घन इञ्च

= $\frac{4}{3}$ × ३ १४ × २³ घन इंच

= ३३ ४६ घन इंच

(३) पीतलके एक ठोस बेलनके एक सिरेपर एक वृत्त-सूची खरादी हुई है, जिसके आधारका व्यासके समान है। यदि सूचीकी नोकसे बेलनके दूसरे सिरे तककी ऊंचाई ८ इंच हो और बेलनकी ऊंचाई ५ इंच, तो उस कुलका घनफल क्या होगा ? बेलनके सिरेका व्यास २ इंच है।

कुलका घनफल = वृत्त सूचीका घनफल + बेलनका घनफल

वृत्त-सूचीकी ऊंचाई = ८—५ इंच = ३ इंच

और उसके आधारका व्यास = २ इंच,

∴ वृत्त-सूचीका घनफल = $\frac{1}{3}$ × π × १² × ३ घन इंच

= $\frac{1}{3}$ × ३ १४ × ३ घन इंच

= ३·१४ घन इंच।

बेलनकी ऊंचाई=५ इञ्च, व्यास = २ इञ्च

∴ बेलनका घनफल = π × ($\frac{२}{२}$)² × ५ घन इञ्च

= ३ १४ × ५ घन इञ्च

= १५ ७ घन इञ्च

∴ कुलका घनफल = ३ १४ + १५ ७ घन इञ्च

= १८ ८४ घन इञ्च

अभ्यासार्थ प्रश्न—११

(१) एक लकड़ीकी बनी हुई वृत्त-सूचीके आधारका व्यास १ फुट और उसकी ऊंचाई ६ फुट है। यदि १ घनफुट लकड़ीकी तोल १२ सेर हो तो सूचीकी तोल क्या होगी?

(२) एक खोखले गोलेका व्यास १४ इंच है और मोटाई १ इंच, इसमें कितने घन इंच धातु लगी हुई है?

(३) एक गलाकार घवरहरा ६० हाथ ऊंचा और १० हाथ व्यासमें है। इसके सिरेपर एक अर्द्ध गोलाकार गुम्बद है, जिसका व्यास भी घवरहरेके व्यासके बराबर है। उस घवरहरेमें कितनी हवा है?

(४) एक ८ इंच व्यासका गोला एक खोखले वेलनमें ठीक बैठ जाता है और वेलनके सिरेके समतल रहता है, कितने पानीसे वेलनका खाली स्थान बिलकुल भर जायगा?

(५) ८ सें० मी० लम्बे, ६ सें० मी० चौड़े और ५ सें० मी० मोटे तांबेके टुकड़ेमें ३ सें० मी० व्यासवाला अर्द्ध-गोलाकार छेद खरादा गया। कुल टुकड़ेका कौनसा भाग निकल गया?

(६) एक वृत्त सूची, एक गोलार्द्ध और एक वेलनके आधार और ऊंचाई समान हैं। इनके घनफलका एक दूसरेसे क्या सम्बन्ध है?

(७) एक शिवालय कुछ ऊंचाई तक वेलनके आकारका बना हुआ है, उसके ऊपरका भाग वृत्त सूचीके आकारका है। यदि वृत्त सूचीकी ऊंचाई कुल ऊंचाईका $\frac{1}{3}$ हो और शिवालयकी गोलाई कुल ऊंचाईका $\frac{1}{3}$ तो शिवालयका भीतरी आयतन क्या है, जब कि इसका व्यास ३ गज है?

(८) पृथ्वीका व्यास ८००० मील है तो यह कितना स्थान घेरे हुए है?

(९) एक वृत्त-सूचीमेंसे, जिसके आधारका व्यास ५ इंच है और ऊंचाई ८ इंच एक दूसरी वृत्तसूची ३ इंच ऊंची ऊपरसे निकाल ली गयी तो बची

हुई छिन्न शिखा वृत्ति-सूचीका (the frustum of the cone) घनफल क्या होगा, यदि इसका ऊपरी व्यास १$\frac{1}{2}$ इंच हो ?

त्रिपहल और ऋजु-भुज-सूचीका घनफल

जिस प्रकार बेलनके घनफल निकालनेका गुर निकाला गया है उसी भांति किसी (right prism) सम त्रिपहल, चौपहल, पंचपहल, षटपहल इत्यादिके घनफल निकालनेकी रीति समझायी जा सकती है, अर्थात् इन सबके किसी सिरेके (आधार) क्षेत्रफलको दूसरे सिरेकी दूरीसे गुणा करो यही घन फल होगा।

इसकी सत्यता प्रयोग द्वारा यों जाचो। पहले नापकर आधारका क्षेत्रफल निकालो फिर ऊँचाई नापकर क्षेत्रफलको ऊँचाईसे गुणा करो।

नपना वर्तनके द्वारा देखो कि उसके डुबानेसे कितना पानी ऊपर उठता है।

ऋजु भुज-सूचीके (pyramid) घनफल निकालनेका गुर—

वृत्त-सूचीका घनफल = $\frac{1}{3}$ × π त्र^2 × उ

जहां त्र वृत्तसूचीका व्यासार्द्ध है और उ उसकी ऊँचाई।

वृत्त सूचीके आधारका क्षेत्रफल=π त्र^2

वृत्त सूचीका घनफल=$\frac{1}{3}$ × उ × आधारका क्षेत्रफल

ऋजु-भुज सूचीका आधार त्रिभुज, चतुर्भुज, पंचभुज इत्यादि होता है। इसलिए इसका घनफल=$\frac{1}{3}$ × उ × ऋजु-भुजके आधारका क्षेत्रफल।

प्रयोग २५—पतली कांचकी नलीका व्यास नापना।

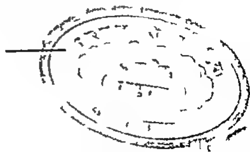
नलीका एक मुँह मोम, काग या आंचसे बन्द कर दो। यदि आँचसे बन्द करो तो खूब ठंडा करनेके बाद पानी छोड़ो। नलीमें दो चिह्न ३, ४ इंचकी दूरीपर बनाओ और इसको ठीक सीधो खड़ा करो।

पहले नीचेवाले चिह्नतक पानी (ब्यूरटसे) भरो, ब्यूरटके जिस चिह्नपर पानी हो उसको नोट बुकमें लिख लो। फिर बड़ी सावधानीसे दूसरे चिह्नतक पानी भरो और ब्यूरटमें पानी-तलके चिह्नको लिख लो। इन दोनोंका अन्तर उस पानीका घनफल होगा, जो नलीके दोनों चिह्नोंके बीचमें अँटता है।

इसी प्रकार तीन बार इन दोनों चिह्नोंके बीचका घनफल निकालो। इस घनफलको दोनों चिह्नोंके बीचकी दूरीसे भाग देनेपर नलीके (Cross-section) मध्य च्छेदका क्षेत्रफल निकल आवेगा। फिर तो मध्य-च्छेदका व्यास निकालना कुछ कठिन नहीं है।

प्रयोग २६—किसी पतले तारका व्यास नापना।

एक मीटरके लगभग लम्बा तार लेकर उसकी लम्बाई सावधानीसे नाप लो। इसको मोड़कर ब्यूरटमें छोड़ो और देखो कितना पानी हटता है। बाकी बातें प्रयोग ७५ के अनुसार करो।



६—मात्रा और भार

मात्राकी नाप

किसी वस्तुके पदार्थमात्रको उस वस्तुकी (mass) मात्रा कहते हैं। किसी वस्तुकी मात्रा कहनेसे उस वस्तुके पदार्थके परिमाणका बोध होता है। जब कहते हैं कि अगूठीमें सोनेकी मात्रा कम है तब तात्पर्य्य यही होता है कि अगूठी जिस पदार्थकी बनी है वह अर्थात् सोना कम है।

जैसे लम्बाई, क्षेत्रफल, आयतन इत्यादिके नापनेकी इकाइयां होती हैं वैसे ही मात्राके नापनेकी इकाइया होती हैं। ब्रिटिश राज्यमें जहाँ लम्बाईकी इकाई बडी सावधानीसे रखी हुई है वही (unit of mass) मात्राकी इकाई भी रखी हुई है। यह प्लेटिनमके एक टुकडेकी मात्रा है, जो एक विशेष तापक्रमपर बड़ी सावधानीसे रखा रहता है। इस इकाईका नाम (pound or lb) पौण्ड है। छोटी और बडी ब्रिटिश मात्राकी इकाइयोंका सम्बन्ध यह है —

१६	ड्राम	=	१ औंस
१६	औंस	=	१ पौंड
१४	पौंड	=	१ स्टोन

इत्यादि

मात्राकी मेट्रिक इकाईका (Metric unit of mass) नाम किलोग्राम (kilogram) है। यह प्लेटिनमके एक टुकडेकी मात्रा है, जो बडी सावधानीसे एक विशेप तापक्रमपर रखा रहता है। इसकी मात्रा १००० घन सेंटीमीटर पानीकी मात्राके समान होती है, जब पानी एक विशेप तापक्रमपर हो।

किलोग्रामके हजारवें भागको ग्राम कहते हैं, इसलिए यह स्पष्ट है कि एक घन सेंटीमीटर पानीकी मात्रा उस विशेष तापक्रमपर एक ग्राम होती है। छोटी बड़ी इकाइयोंका सम्बन्ध यह है—

१ मिलीग्राम (milligram) = $\frac{१}{१०००}$ ग्राम या ०.००१ ग्राम

१ सेंटीग्राम (centigram) = $\frac{१}{१००}$ ग्राम या ०.०१ ग्राम

१ डेसीग्राम (decigram) = $\frac{१}{१०}$ ग्राम या .१ ग्राम

१ डीकाग्राम (Decagram) = १० ग्राम

१ हेक्टोग्राम (Hectogram) = १०० ग्राम

१ किलोग्राम (Kilogram) = १००० ग्राम

भारकी नाप

यह सभी जानते हैं कि जब कोई वस्तु ऊपरसे छोड़ दी जाती है तब वह पृथ्वीपर गिर पड़ती है अर्थात् उसको पृथ्वी खींच लेती है। जिस बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको खींच लेती है उसको आकर्षण शक्ति (force of attraction) अथवा गुरुत्वाकर्षण (gravitation) कहते हैं। जितने बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको अपनी ओर अथवा अपने केन्द्रकी ओर खींचती है उसको उस वस्तुका भार कहते हैं। जो वस्तु किसी दूसरी वस्तुपर ठहरी हुई है उसमें भी भार होता है, अर्थात् उसको भी पृथ्वी खींच रही है। उसके न गिरनेका कारण वह दूसरी वस्तु है, जो उसको थामे हुए है, जिस कारण वह स्वयम् दबी जा रही है। उदाहरणार्थ, जब कोई वस्तु

हथेलीपर रखते हो तब वह हथेलीको दबाती हुई मालूम होती है। दबानेका कारण इसके अतिरिक्त और कुछ नहीं है कि पृथ्वी उसको खींच रही है और हथेलीपर वस्तुके थमे रहनेका कारण इसके अतिरिक्त और कुछ नहीं है कि हाथका बल पृथ्वीकी आकर्षण शक्तिके प्रतिकूल लगकर उसको गिरने से रोक देता है।

यह याद रखना चाहिये कि किसी वस्तुकी मात्रा और उसके भारमें बहुत अन्तर होता है। मात्रा उस वस्तुका पदार्थमात्र है, परन्तु भार वह शक्ति है जिससे वह वस्तु पृथ्वीकी ओर खिंची जाती है। वस्तुकी मात्रा एकसी बनी रहनेपर भी उसके भारमें कमी बेशी हो सकती है। पृथ्वीतलसे ऊपर ज्यों ज्यों चढ़ते जाओ त्यों त्यों वस्तुओंका भार कम होता जाता है अर्थात् जब वस्तु पृथ्वी के केन्द्रके पास रहती है तब उसका भार अधिक रहता है और दूर रहनेसे कम, यद्यपि मात्रामें कोई अन्तर नहीं आने पाता। पृथ्वी सामान गोलाकार नहीं है, वरन् उत्तरी या दक्षिणी ध्रुवके जितने ही पास जाओ उतना ही केन्द्र भी पास होता जाता है, इसलिए यदि वस्तु ज्यों ज्यों ध्रुवोंके पास होती जाती है, उसका भार अधिक होने लगता है।

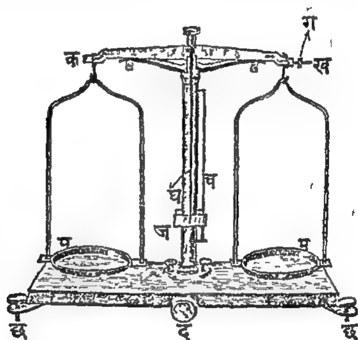
भार नापनेकी इकाइयां पौण्डकी तोल किलोग्रामकी तोल, ग्रामकी तोल आदि ह। जितने बलसे एक पौण्डकी मात्रा आकर्षित होती है उतने बलको पौण्ड-भार और जितने बलसे किलोग्रामकी मात्रा आकर्षित होती है उसको किलोग्राम-भार कहते हैं। इसी तरह भारकी और इकाइयोंका भी सम्बन्ध है।

मात्राका नापना

किसी वस्तुकी मात्रा जाननेके लिए यह देखते हैं कि उसपर पृथ्वीकी आकर्षण शक्ति कितना काम कर रही है अर्थात् उस वस्तुका भार क्या है। किलोग्रामका जितना भार होता है उतना ही भार यदि किसी वस्तुका हो तो उस वस्तु-की मात्राको एक किलोग्राम समझना चाहिये, या यदि किसी वस्तुका भार एक पौण्ड मात्रा के भार के समान हो तो उस वस्तु की मात्रा एक पौण्ड समझना चाहिये, इत्यादि। जिन विशेष मात्राओंसे किसी वस्तुकी मात्रा नापते हैं उनको बाट कहते हैं और मात्रा नापनेकी क्रियाको तोलना कहते हैं, क्योंकि इस क्रियामें किसी वस्तुकी एक ज्ञात मात्राके भारसे तुलना की जाती है। इसीलिए किसी वस्तुके भारको उस वस्तुकी तोल कहते हैं, जिसका तात्पर्य्य यह है कि वह वस्तु उस ज्ञात पदार्थ-के भारसे तुलती है।

तोलनेके लिए जिस सामग्री विशेषकी आवश्यकता पड़ती है उसको तुला, तराजू (balance) या कांटा कहते हैं। तुला दो प्रकारके होते हैं, जो दो भिन्न सिद्धान्तोंपर बनाये जाते हैं। साधारण तुला अर्थात् तराजूमें एक तुलादण्ड (beam) होता है जिसे बीचों बीच थामनेके लिए सुमेरु बना रहता है, इसी जगहसे तुलादण्ड घूमता है, और दो पलड़े घूमनेके स्थानसे समान दूरीपर इधर उधर लटकते रहते हैं। इसका सिद्धान्त यह है जब तुलादण्ड बीचों बीचसे लटकाया जानेपर धरातल-के समानान्तर हो जाय तब मध्यसे समान दूरीपर समान मात्राकी वस्तुओं के लटकानेसे भी वह धरातल के समानान्तर रहता है। यह समान दूरी जितनी ही सूक्ष्मतापूर्वक शुद्ध हो उतनी ही शुद्धता तोलनेमें होती है। वैज्ञानिक प्रयोगोंमें राईसे

भी अत्यन्त छोटी वस्तुओंके तोलनेका काम पडता है, इसलिए वैज्ञानिक तुला बहुत बारीकीके साथ बनाये जाते हैं और इनका दाम भी बहुत होता है। प्रारम्भिक विज्ञान सीखनेमें एक साधारण तुला काममें लाया जा सकता है। (देखो चित्र २४)



चित्र २४

इसमें तुला-दड पीतलका होता है, जो मध्य रेखापर बहुत कडे लोहे या दुधिया पत्थरकी (agate) बनी हुई छुरीकी धारके सहारे वैसे ही कडे लोहे या पत्थरके तलपर ठहरा रहता है। यह पत्थरका तल बीचवाले (pillar) स्तभपर रहता है इस मध्य रेखासे समान दूरीपर तुलादडके दोनों किनारोंपर उसी प्रकारकी छुरीके खड ऊपरकी ओर धार किये हुये जडे रहते हैं। इन्हींपर पलडोंको लटकानेवाले

लटकन कटियाके सहारे रखे रहते हैं। कटियाके ऊपरी भागपर एक खुली हुई नाली होती है, जिसका मध्यच्छेद ऐसा (∧) होता है। इसीके द्वारा छुरीकी धारपर कटिया और कटिया के थमे हुये पलडे लटका करते हैं। तुलादण्डके मध्यसे एक काँटा नीचेकी ओर लटका रहता है, जो स्तम्भपर हाथीदाँतके बने हुये स्केलपर इधरसे उधर घूमता है। जब यह काँटा स्केलके मध्य चिन्हपर रहता है तब तुलादण्ड धरातलके समानान्तर समझा जाता है। तौलनेकी नापोंकी इसी काँटेके कारण और भी अधिक हो जाती है, इसलिए अच्छी तुलाको प्राय काँटा भी कहते हैं। सुनार अपनी तराजूको काँटा ही कहता है। जब तोल चुक्ते हैं, तुलादण्डको एक पेचके सहारे उतार देते हैं, जिसमें छुरीकी धार तुलादण्डके हिलने जुलनेसे जल्दी घिस न जाय, क्योंकि इन्हीं धारोंके शुद्ध रहनेसे मध्य रेखासे पलडोंकी दूरीकी समानता शुद्ध रह सकती है।

प्रयोग २७—तुलाके अङ्गोंको जाँच।

'द' दस्तेको दाहिनी ओर घुमानेसे तुलादण्ड उठ जाता है और पलडे धारोंपर लटकने लगते हैं। देखो 'घ' काँटा 'ज' स्केलपर मध्यचिन्हके इधर उधर समान दूरीपर आता जाता है। काँटा मध्य चिन्हसे जिस ओर अधिक जाता है उसी ओरका पलडा हल्का होता है। दूसरे पलडेको भी इसीके समान करनेकेलिए उसी किनारेवाले (स्क्रू screw) पेचको भीतरकी ओर खसका देते हैं। ऐसे पेच (ढिबरी या स्क्रू) किसी तुलादण्डके दोनों किनारोंपर और किसीके एक ही किनारेपर होते हैं। चित्रमें केवल एक ही किनारेपर ऐसा पेंच 'ग' दिखाया गया है। जिधरका पलडा हलका हो

उसी तरफके पेंचको 'बाहरकी ओर खसका देने अथवा उसके दूसरे किनारेवाले पेंचको भीतरकी ओर खसका देनेसे पर पलडा ठीक हो जायगा। (देखो चित्र २४)

तुलादण्ड धरातलके समानान्तर उसी समय हो सकता है, जब इसको थामनेवाला स्तम्भ बिल्कुल सीधा खड़ा हो और स्तम्भका सीधा खड़ा होना उसी समय सम्भव है जब इसका आधार धरातलके समानान्तर हो। इसकी शुद्धताकी जाँच डोरेसे लटकी हुई सूची या साहुलसे की जाती है। इसकी नोक नीचेवाली सूचीकी नोकसे मिली हो तो शुद्ध समझना चाहिये। यदि ऐसा न हो तो आधारके नीचे लगे हुए पेचों 'छ', 'छ' का ऊपर नीचे करनेसे नोक मिलायी जा सकती है।

तोलनेके बांट—तोलनेके लिए बाटोंकी आवश्यकता पड़ती है। इसलिए आवश्यक बांट (weight box) बाट बक्समें प्रत्येक तुलाके पास रखे रहते हैं। बांट बक्समें साधारणत: यह बांट रहते हैं—

(१) १०० ग्राम, ५० ग्राम, २० ग्राम, २० ग्राम, १० ग्राम, ५ ग्राम, २ ग्राम, २ ग्राम और १ ग्राम।

(२) ५०० मि० ग्राम, (० ५ ग्राम), २०० मि० ग्राम (० २ ग्राम), २०० मि० ग्राम (० २ ग्राम), १०० मि० ग्राम (० १ ग्राम), ५० मि० ग्राम (० ०५ ग्राम), २० मि० ग्राम (० ०२ ग्राम), २० मि० ग्राम (० ०२ ग्राम), १० मि० ग्राम (० ०१ ग्राम)

इन बाटोंसे कोई वस्तु, जिसका भार १० ग्राम ग्राम और २११ १ ग्रामके बीचमें है, तोली जा सकती है। प्रत्येक बांट बक्समें एक चिमटी रखी रहती है, जिससे बांट उठाते

हैं। बांटोंको हाथसे कभी न छूना चाहिये, क्योंकि हाथकी चिकनाहट अथवा और किसी गन्दगीसे बांट बिगड जाते हैं और उनकी तोलमें अन्तर पड जाता है।

तोलनेकी विधि यह है कि जिस वस्तुकी तोल जाननी है उसे बायें पलडेपर बीचोंबीच रखो और अपने दाहिने हाथवाले पलडेपर पहले सबसे बडा बाट रखो, काँटा बाईं ओरको जाने लगे तो समझना चाहिये कि बाट बहुत बडा है। इसको उठाकर बक्समें उसके नियत स्थानपर रखो और उसके बादवाले छोटे बांटको पलडेपर रखो। यदि अब भी बाटका भार अधिक हो तो उससे छोटे बांटको रखो, इत्यादि। सदैव बडे बांटको पहले रखो, फिर उससे छोटे और औरोंसे बडेको, कभी ऐसा न करो कि जब बडा बाट बहुत भारी हो तब उससे बहुत छोटा बांट रखा। ऐसा करनेमें बहुत देर लगेगी तब कहीं तोल सकोगे। जब इतने बांट रख चुको, जिनसे कांटा स्केलके मध्य चिह्नकी दोनों तरफमें बराबर दूरीतक घूमे तब बाट-बक्समें उन स्थानोंको देखो जहांसे बाट हटाये गये हैं। खाली स्थानोंसे हटाये हुए बांटोंका योगफल निकाल लो। यही उस तुलनेवाली वस्तुकी तोल है। अब पलडेसे उठाकर बाट-बक्समें बांटोंको उनके नियत स्थानमें रखते समय भी उनको जोड़ते जाओ, और मिलाओ। देखो, पहला जोड ठीक है या नहीं। इससे दुबारा जाँच हो जायगी।

तोलनेके समय इन बातोंका ध्यान रखो,—

१—लटकी हुई सूचीसे जांचो कि तुला समानान्तर धरातलपर है या नहीं।

२—दस्तेको दाहिनी ओर घुमाकर देखो, कॉटा स्केलके मध्य चिह्नकी दोनों दिशाओंमें बराबर घूमता है या नहीं। यह दोनों बातें ठीक न हों तो शिक्षकसे ठीक कराओ।

३—जो वस्तु तोलनी है वह बहुत गरम न हो, और न भीगी ही हो। भीगी होनेसे पलडा खराब हो जायगा और गरम होनेसे हवाके हल्के झोंके उठेंगे जिनसे तोलमें अन्तर पड़ जायगा और ठंडा होते हुए वह वस्तु हवासे नमी सोख-कर कुछ भारी भी होती जायगी।

४—जो वस्तु तोलनी हो उसे सदैव बायें पलडेपर रखो और बांटोंको दाहिने पलडेपर। यह सावधानी केवल सुभीतेके लिए की जाती है। बांटोंको बार बार उठाना पडता है और यह काम दाहिने हाथसे ही लोग करते हैं। इसलिए बाट-बकसको दाहिने हाथके पास होना चाहिये और उसीके पास वाला पलडा अर्थात् दाहिना पलडा भी बांटोंके लिए प्रयोग करनेमें जल्दी होती है।

५—पलडेपर कोई वस्तु या बांट उसी समय रखो जब तुलादंड स्तंभपर ठहरा हुआ हो। यदि तुलादंड टँगा हुआ हो तो कदापि पलडेको न छूओ और न उसपर कोई वस्तु रखो, क्योंकि ऐसा करनेसे तुलादंडका भारी सिरा एक-बारगी झुक जाता है और बडे जोरका शब्द होता है। झोंके के कारण छुरीकी धारोंपर बडी चोट लगती है, जिससे यह घिस जाती हैं और तुला कुछ दिनमें निकम्मा हो जाता है। इसलिए जब कोई बाट पलडेपरसे हटाना हो या पलडेपर रखना हो, दस्तेको बाईं ओर घुमाकर तुलादंडको स्थिर कर दो तब हटाने और रखनेका काम करो। आरंभसे ही अभ्यास इस बातका करना चाहिये कि बायां हाथ दस्तेपर

रहे और दाहिना हाथ चिमटी लिए हुए बांटोंके हटाने और रखने पर। जब बांट भारी जान पड़े तुरन्त बाएँ हाथसे दस्तेको घुमाओ, बांट हटाओ, दूसरा बांट रखो और दस्तेको दाहिनी ओर घुमाओ, इस तरह बड़ी फुरती होती है।

६—दस्तेको घुमाते समय कांटा मध्य चिह्नके पास रहता है तब कोई शब्द नहीं होता, परन्तु यदि वह एक किनारे हो तो भी शब्द होता है और छुरीकी धारें रगड़ खा जाती हैं।

७—किसी वस्तुकी अन्तिम तोल लेते समय तुलाका ढकना बन्द कर दो कि हवाके कारण कांटा हिलता ही न रह जाय। अच्छी तुला बक्सोंमें बन्द रहा करती है।

८—जब तोल चुको, बांटोंको उचित स्थानपर रखो।

९—बांटोंको मेजपर, अथवा तुलाके आधारपर कभी मत रखो।

प्रयोग २८—औंस और ग्रामका सम्बन्ध निकालना।

१ औंस-बांटको बाएँ पलड़ेपर रखो और देखो कितने ग्राम बाटसे वह तुल जाता है। इसी प्रकार २ औंस-बाट,

औंस	ग्राम	प्रति औंस ग्रामोंका अङ्क
	औसत	

२—दस्तेको दाहिनी ओर घुमाकर देखो, कॉटा स्केलके मध्य चिह्नकी दोनों दिशाओंमें बराबर घूमता है या नहीं। यह दोनों बातें ठीक न हों तो शिक्षकसे ठीक कराओ।

३—जो वस्तु तोलनी है वह बहुत गरम न हो, और न भीगी ही हो। भीगी होनेसे पलडा खराब हो जायगा और गरम होनेसे हवाके हल्के झोंके उठेंगे जिनसे तोलमें अन्तर पड़ जायगा और ठंडा होते हुए वह वस्तु हवासे नमी सोख कर कुछ भारी भी होती जायगी।

४—जो वस्तु तोलनी हो उसे सदैव बायें पलडेपर रखो और बांटोंको दाहिने पलडेपर। यह सावधानी केवल सुभीतेके लिए की जाती है। बांटोंको बार बार उठाना पडता है और यह काम दाहिने हाथसे ही लोग करते हैं। इसलिए बांट-बक्सको दाहिने हाथके पास होना चाहिये और उसीके पास-वाला पलडा अर्थात् दाहिना पलड़ा भी बांटोंके लिए प्रयोग करनेमें जल्दी होती है।

५—पलडेपर कोई वस्तु या बांट उसी समय रखो जब तुलादंड स्तंभपर ठहरा हुआ हो। यदि तुलादंड टँगा हुआ हो तो कदापि पलडेको न छूओ और न उसपर कोई वस्तु रखो, क्योंकि ऐसा करनेसे तुलादंडका भारी सिरा एक-बारगी झुक जाता है और बडे जोरका शब्द होता है। झोंके के कारण छुरीकी धारोंपर बडी चोट लगती है, जिससे यह घिस जाती हैं और तुला कुछ दिनमें निकम्मा हो जाता है। इसलिए जब कोई बांट पलडेपरसे हटाना हो या पलडेपर रखना हो, दस्तेको बाईं ओर घुमाकर तुलादंडको स्थिर कर दो तब हटाने और रखनेका काम करो। आरंभसे ही अभ्यास इस बातका करना चाहिये कि बायां हाथ दस्तेपर

रहे और दाहिना हाथ चिमटी लिए हुए बांटोंके हटाने और रखने पर। जब बांट भारी जान पड़े तुरन्त बायें हाथसे दस्तेको घुमाओ, बांट हटाओ, दूसरा बांट रखो और दस्तेको दाहिनी ओर घुमाओ, इस तरह बडी फुरती होती है।

६—दस्तेको घुमाते समय कांटा मध्य चिह्नके पास रहता है तब कोई शब्द नहीं होता, परन्तु यदि वह एक किनारे हो तो भी शब्द होता है और छुरीकी धारें रगड़ खा जाती हैं।

७—किसी वस्तुकी अन्तिम तोल लेते समय तुलाका ढकना बन्द कर दो कि हवाके कारण कांटा हिलता ही न रह जाय। अच्छी तुला बक्सोंमें बन्द रहा करती है।

८—जब तोल चुको, बांटोंको उचित स्थानपर रखो।

९—बांटोंको बेंचपर, अथवा तुलाके आधारपर कभी मत रखो।

प्रयोग २८—औंस और ग्रामका सम्बन्ध निकालना।

१ औंस-बाटको बायें पलड़ेपर रखो और देखो कितने ग्राम-बांटसे वह तुल जाता है। इसी प्रकार २ औंस-बांट,

औंस	ग्राम	प्रति औंस ग्रामोंका अङ्क
	औसत	

½ औंस' घांट, ¼ औंस बांटकी तोल ग्रामोंमें निकालो। फिर देखो १ औंस भार कितने ग्राम भारके समान होता है। सबकी औसत निकालो। प्रयोग फलपृष्ठ ८७ परकेसे खाने बनाकर लिखो।

प्रयोग २६—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल निकालना।

पहले एक बीकरको तोलो। यदि स्वच्छ न हो तो खूब धोकर कमसे कम बाहरी तलको अच्छी तरह पोंछ कर सुखा लो, तब तोलो। ब्यूरटसे ३०, ४० वा ४५ घन सेंटीमीटर पानी बीकरमें छोड़ो और तोलो। पानी सहित बीकरकी जो तोल हो उसमेंसे अकेले बीकरकी तोल घटा दोगे तो पानीकी तोल निकल आवेगी। फिर एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल निकाल लो।

नोट—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल जाननेकेलिए एक ही घन सेंटीमीटर पानी नापकर कभी मत तोलो, क्योंकि नापनेमें तनिकसी भी अशुद्धि हो जानेसे उत्तरमें बहुत अशुद्धि हो जाती है। परन्तु यदि वह अशुद्धि ३० वा ४० घन सेंटीमीटर पानीके साथ हुई तो उत्तर ठीक होता है। इसका कारण पहले बतलाया जा चुका है।

यों लिखो—

पानी सहित बीकरकी तोल	= .. .	ग्राम
केवल " "	=	ग्राम
पानी की तोल	= .	ग्राम
ब्यूरटका दूसरा चिह्न	=	घ०सें०मी०
" पहला चिह्न	= ..	घ०सें०मी०
लिये हुए पानीका घनफल	=	घ०सें०मी०

$$\text{एक घन सें० मी० पानीकी तोल} = \frac{\text{पानीकी तोल}}{\text{पानीका घनफल}} = \text{ग्राम}$$

तीन बार भिन्न भिन्न घनफलका पानी लेकर तो लो और एक घन सेंटीमीटर पानीकी औसत तोल निकालो। खाने खींचकर लिखनेमें अधिक सुभीता होगा। यों लिखो—

ब्यूरट का दूसरा चिह्न	ब्यूरटका पहला चिन्ह	पानीका घनफल	बीकर और पानीकी तोल	बीकरकी तोल	पानीकी तोल	एकघनसें० मी० पानी-की तोल
					औसत	

प्रयोग करनेमें सावधानीकी कमी होती तो १ घ० से० मी० पानी तोलमें १ ग्रामके लगभग होगा।


चित्र २५

दूसरे प्रकारकी साधारण तुला चित्र २५ में दिखायी गयी है। इसमें एक तारका सर्पिल † (spiral) होता है, जिसके नीचेवाले सिरेपर कड़िया होती है और ऊपरवाले सिरेपर एक छल्ला। नीचेवाले सिरेसे लगा हुआ एक कांटा (pointer) होता है जो सर्पिलके बढ़नेसे नीचे उतरता है और सिकुड़नेसे ऊपर चढ़ जाता है। सर्पिलसे लगा हुआ एक स्केल होता है जिसपर चिह्न बने रहते हैं और इन्हीं चिह्नोंके पास अंक खुदे रहते हैं।

†—किसी पतले तारके एक सिरेको पकड़कर दूसरे हाथसे किसी पेन्सिलके चारों ओर लपेटनेसे तारका जो रूप बन जाता है उसको सर्पिल (spiral) कहते हैं।

½ औंस घांट, ¼ औंस-बांटकी तोल ग्रामोंमें निकालो। फिर देखो १ औंस भार कितने ग्राम-भारके समान होता है। सबकी औसत निकालो। प्रयोग फलपृष्ठ ८७ परकेसे खाने बनाकर लिखो।

प्रयोग २६—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल निकालना।

पहले एक बीकरको तोलो। यदि स्वच्छ न हो तो खूब धोकर कमसे कम बाहरी तलको अच्छी तरह पोंछ कर सुखा लो, तब तोलो। ब्यूरटसे ३०, ४० या ४५ घन-सेंटीमीटर पानी बीकरमें छोड़ो और तोलो। पानी सहित बीकरकी जो तोल हो उसमेंसे अकेले बीकरकी तोल घटा दोगे तो पानीकी तोल निकल आवेगी। फिर एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल निकाल लो।

नोट—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल जाननेकेलिए एक ही घन सेंटीमीटर पानी नापकर कभी मत तोलो, क्योंकि नापनेमें तनिकसी भी अशुद्धि हो जानेसे उत्तरमें बहुत अशुद्धि हो जाती है। परन्तु यदि वह अशुद्धि ३० वा ४० घन सेंटीमीटर पानीके साथ हुई तो उत्तर ठीक होता है। इसका कारण पहले बतलाया जा चुका है।

यों लिखो—

पानी सहित बीकरकी तोल	= .. .	ग्राम
केवल " "	=	ग्राम
∴ पानी की तोल	=	ग्राम
ब्यूरटका दूसरा चिह्न	= .	घ०सें०मी०
" पहला चिह्न	= .	घ०सें०मी०
लिये हुए पानीका घनफल	=	घ०सें०मी०

$$\text{एक घन सें० मी० पानीकी तोल} = \frac{\text{पानीकी तोल}}{\text{पानीका घनफल}} = \text{ ग्राम}$$

होता इसलिए यदि ऐसी तुला ध्रुवके पास बनायी जाय जहाँ। आकर्षण शक्तिकी अधिकतासे सर्पिल अधिक बढ़ता है और विषुवत् रेखापर (equator) काममें लायी जाय तो कुछ अधिक मात्रा रखनेपर काटा उचित चिह्नपर आवेगा अथवा यों समझो कि किसी वस्तुके लटकानेसे कांटा १ सेरके चिह्नपर पहुँचता है, यदि उसी वस्तुको लटकाये हुए यह तुला ५ मील पृथ्वीतलसे ऊपर ले जायी जाय तो खिंचावके कम हो जानेसे भार कम हो जायगा और सर्पिल कुछ सिकुड जायगा, जिससे काटा १ सेरके चिह्नसे कुछ ऊपर चढ जायगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न—१२

१—किसी वस्तुकी मात्रा और उसके भारसे क्या सम्बन्ध है ?

२—किसी प्रयोग वा सामग्रीके द्वारा यह बतलाया जा सकता है कि मात्रा वही रहनेपर भी भारमें न्यूनाधिकता हो सकती है ?

३—कश्मीरमें कोई वस्तु कमानीदार तुलाके द्वारा तौलकर खरीदी जाय तो (१) लन्दन और (२) मदरासमें क्या उसकी तौल उतनी ही ठहरेगी ? अपने उत्तरका कारण भी लिखो।

४—साधारण तुला बनानेमें किन बातों पर ध्यान देना पड़ता है ?

५—तुलाको प्राय काटा कहते हैं, इसका कारण लिखो।

६—किसी बर्तनका आयतन तौलकर कैसे निकालोगे ?

७—एक बोतलकी तौल ३५ ग्राम है। मुहतक पानी भर देनेपर कुल तौलमें ९८ ग्राम होता है तो बोतलका आयतन कितना है ?

८—ऊपरकी बोतलमें यदि शराब भर दी जाय तो कुल तौलमें कितनी ठहरेगी, यदि एक घन सेंटीमीटर शराबकी तौल ०.८५ ग्राम हो ?

९—एक स्टोनमें कितने किलोमीटर होते हैं ?

१०—लकड़ीका एक टेढा मेढा टुकड़ा और वसीका एक आयताकार टुकड़ा दिया जाय तो टेढ़े मेढे टुकड़ेका घनफल बिना किसी नपनेके कैसे निकालोगे ?

कांटा जिस चिह्नपर रहता है वही उस वस्तुके भारका अङ्क समझा जाता है, जो कड़ियामें लटकायी जाती है। चिह्नोंपर अङ्क लगानेकी रीति यह है—जिस समय कड़ियामें कोई वस्तु न लटकती हो, तो जिस स्थानपर कांटा हो वहा चिह्न बना कर शून्य लिख दो, जिसका तात्पर्य्य यह हुआ कि जब कांटा शून्यपर रहता है तब कड़ियामें कोई वस्तु नहीं लगी रहती। इसके पश्चात् १ ग्राम, २ ग्राम, ३ ग्राम ४ ग्राम इत्यादिकी मात्राए रखते जाओ और जहा जहा कांटा पहुँचे वहां वहा चिह्न बनाकर मात्राओंके भारका अङ्क लिख दो। बस (Spring balance) कमानीदार तुला तैयार हो गयी। कड़ियासे इतना भार लटकाना चाहिये जिससे स्प्रिंग एक विशेष सीमासे अधिक न खिंच जाय, क्योंकि जब वह सीमासे अधिक खिंच जायगी तब भारके हटा लेनेपर भी कांटा शून्य स्थानपर नहीं पहुँचेगा और तुला ढीली पड़ जायगी।

इसी प्रकार पौंड, औंस नापनेकी भी तुला बनायी जा सकती है। यह तुला इतनी छोटी होती है कि लोग इसको जेबमें भी रख सकते हैं। इसीलिए यह (pocket balance) जेबी तराजू के नामसे भी प्रसिद्ध है।

कमानीदार तुलामें एक गुण यह होता है कि इससे मात्राकी नापके साथ साथ भार भी नापा जा सकता है। यह बात तुलादण्डवाली तुलासे नहीं परखी जा सकती, क्योंकि दण्डवाली तुलामें बांटकी मात्रासे तोली जानेवाली वस्तुकी मात्राकी तुलना करते हैं, इसलिए जहां कहीं बांटका भार कम होगा वहां वस्तुका भार भी उतना ही कम होगा। परन्तु जेबी तुलामें मात्राकी जांच उसके खिंचावको देखकर करते हैं और यह खिंचाव पृथ्वी-तलपर सर्वत्र एकसा नहीं

होता इसलिए यदि ऐसी तुला ध्रुवके पास बनायी जाय जहाँ। आकर्षण शक्तिकी अधिकतासे सर्पिल अधिक बढ़ता है और विषुवत् रेखापर (equator) काममें लायी जाय तो कुछ अधिक मात्रा रखनेपर कांटा उचित चिह्नपर आवेगा अथवा यों समझो कि किसी वस्तुके लटकानेसे कांटा १ सेरके चिह्नपर पहुँचता है, यदि उसी वस्तुको लटकाये हुए वह तुला ५ मील पृथ्वीतलसे ऊपर ले जायी जाय तो खिंचावके कम हो जानेसे भार कम हो जायगा और सर्पिल कुछ सिकुड़ जायगा, जिससे कांटा १ सेरके चिह्नसे कुछ ऊपर चढ़ जायगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न—१२

१—किसी वस्तुकी मात्रा और उसके भारसे क्या सम्बन्ध है ?

२—किसी प्रयोग या सामग्रीके द्वारा यह बतलाया जा सकता है कि मात्रा वही रहनेपर भी भारमें न्यूनाधिकता हो सकती है ?

३—कश्मीरमें कोई वस्तु कमानीदार तुलाके द्वारा तौलकर खरीदी जाय तो (१) लन्दन और (२) मदरासमें क्या उसकी तोल उतनी ही ठहरेगी ? अपने उत्तरका कारण भी लिखो।

४—साधारण तुला बनानेमें किन बातों पर ध्यान देना पड़ता है ?

५—तुलाको प्रायः कांटा कहते हैं, इसका कारण लिखो।

६—किसी बर्तनका आयतन तोलकर कैसे निकालोगे ?

७—एक बोतलकी तोल ३५ ग्राम है। मुहतक पानी भर देनेपर कुल तोलमें ६८ ग्राम होता है तो बोतलका आयतन कितना है ?

८—ऊपरकी बोतलमें यदि शराब भर दी जाय तो कुल तोल कितनी ठहरेगी, यदि एक घन सेंटीमीटर शराबकी तोल ०·८५ ग्राम हो ?

९—एक स्टोनमें कितने किलोमीटर होते हैं ?

१०—लकड़ीका एक टेढ़ा मेढ़ा टुकड़ा और उसीका एक आयताकार टुकड़ा दिया जाय तो टेढ़े मेढ़े टुकड़ेका घनफल बिना किसी नपनेके कैसे निकालोगे ?

७—घनत्व

यह बहुधा सुना जाता है कि रुई, लकड़ी, अलुमिनियम इत्यादि हलके होते हैं और सीसा, पारा, चांदी, सोना इत्यादि भारी। तात्पर्य्य यह कि जो पदार्थ हलके होते हैं, मात्रा थोड़ी होनेपर भी बहुत स्थान घेरते हैं, और जो भारी होते हैं बहुत कम स्थान घेरते हैं, अर्थात् इनके कण बहुत पास पास होते हैं। घना जंगल, घनी बस्तीके अर्थ क्या है? थोड़े ही स्थानमें जहां बहुत से वृक्ष हों घना जंगल कहेंगे, और जिस बस्तीमें मनुष्य संख्या अधिक हो और स्थान कम, उसे घनी बस्ती कहते हैं। इसी तरह जो पदार्थ मात्रामें अधिक हो और स्थान कम घेरता हो उसे घना पदार्थ कहते हैं और पदार्थके इस गुण को घनत्व कहते हैं। परन्तु केवल इतना कह देनेसे कि यह पदार्थ घना है, उसके घनत्वका पूरा पता नहीं चलता, और वैज्ञानिक बातोंमें दुविधासे काम नहीं चलता। इसलिए पदार्थका घनत्व उसके एक विशेष आयतनकी मात्राको कहने लगे। इस विशेष आयतनका परिमाण घनफलकी कोई इकाई मानी जाती है। इकाइयोंके भिन्न होनेसे मात्राओंका भी भिन्न होना स्वाभाविक है। वैज्ञानिक कार्य्योंमें आयतनकी इकाई घन सेंटीमीटर है और मात्राकी इकाई ग्राम, इसलिए किसी पदार्थका घनत्व उस पदार्थके एक घन सेंटीमीटरकी मात्रा ग्रामोंमें समझी जाती है।

घनत्वकी परिभाषा अच्छी तरह समझ लेनेपर किसी पदार्थका घनत्व निकालना कुछ भी कठिन नहीं है। जिस पदार्थका घनत्व निकालना हो उसकी बनी हुई किसी वस्तुका तोलना और उसका आयतन निकालकर एक घन सेंटी-

मीटरकी माना जानना बस इतना ही काम है। तौलने और आयतन मालूम करनेकी भिन्न भिन्न रीतियां पहले ही बतलायी जा चुकी हैं।

घनत्वकी परिभाषा इस तरह भी करते हैं—

$$\text{किसी पदार्थका घनत्व} = \frac{\text{उस पदार्थकी बनी हुई किसी वस्तुकी मात्रा}}{\text{उसी वस्तुका आयतन}}$$

पिछले अध्यायमें यह बतलाया गया है कि एक घन सेंटीमीटर पानीकी तौल १ ग्राम होती है और इसकी सत्यताकी जांच भी उन्तीसवें प्रयोगमें की गयी है, इसलिए कहा जा सकता है कि पानीका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर एक ग्राम है जिसका तात्पर्य्य इसके अतिरिक्त और कुछ नहीं है कि एक घन सेंटीमीटर पानीकी तौल एक ग्राम है।

उदाहरण—(१) एक पीतलके टुकड़ेकी लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाई क्रमसे ५ सें० मी०, ४ सें० मी० और ३ सें० मी० हैं और उसकी तौल ५०४ ग्राम है तो उसका घनत्व क्या है ?

टुकड़ेका आयतन = ५ × ४ × ३ घन सेंटीमीटर
= ६० घन सेंटीमीटर

टुकड़ेकी मात्रा = ५०४ ग्राम

$$\therefore \text{पीतलका घनत्व} = \frac{\text{५०४ ग्राम}}{\text{६० घन सेंटीमीटर}} = \text{८ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}$$

(२) पहले उदाहरणमें दिये हुए पीतलके टुकड़ेसे पीतलका घनत्व ब्रिटिश माप में निकालो।

प्रयोग २८ के अनुसार, १ औंस = २८.३५ ग्राम

प्रयोग २० के अनुसार, १ घन इंच = १६.३८ घन सेंटीमीटर

$$\text{इसलिए ५०४ ग्राम} = \frac{\text{५०४}}{\text{२८.३५}}\text{ औंस}$$

$$\text{और ६० घन सें० मी०} = \frac{\text{६०}}{\text{१६.३८}}\text{ घन इंच}$$

$$\therefore \text{पीतलका घनत्व} = \frac{\frac{५०४}{२८\cdot३५}\text{ औंस}}{\frac{६०}{१६\cdot३८}\text{ घन इञ्च}}$$

$= ४\cdot८५३$ औंस प्रति घन इञ्च

अभ्यासार्थ प्रश्न—१३

(१) ७५ घन सेंटीमीटर जस्तेकी तोल ५४० ग्राम है तो उसका घनत्व क्या है ?

(२) एक लकडीके घनका भुज ८ सेंटीमीटर है और उसकी तोल ४०० ग्राम है तो उसका घनत्व क्या होगा ?

(३) एक शीशीकी तोल १५ ग्राम है। २० घ० सें० मी० तेल छोडनेसे शीशीकी तोल ३० ग्राम हो गयी। तेलका घनत्व बतलाओ।

(४) एक चादीकी जजीरकी तोल ३६ ४ ग्राम है। ब्यूरटमें पहले पानी तल १० घन सेंटीमीटरके चिन्हपर था, जजीरके छोड देनेपर जब सब हवाके बुलबुले छुडा दिये गये, पानी तल ६ ५ घ० सें० मी० के चिन्हपर पहुच गया तो चादीका घनत्व क्या है ?

(५) ५० घन सें० मी० तारपीनके तेलकी तोल ४३ १ ग्राम है तो उसका घनत्व बतलाओ।

(६) एक बोतलकी तोल २५ ग्राम है। ७५ घ० सें० मी० द्रव बोतलमें रखकर तोला गया तो १०० ग्राम हुआ। यह कौनसा द्रव हो सकता है ?

किसी द्रवका घनत्व जाननेके लिए उस द्रवका आयतन नपना-घट, ब्यूरट वा पिपेटसे निकाला जाता है। आयतन नापते समय यदि यह सामग्री स्वच्छ और सूखी हों तो किसी विशेष सावधानीकी आवश्यकता नहीं होती, परन्तु यदि यह अस्वच्छ हों तो पानीसे अथवा साबुन और पानीसे अवश्य धोना पडता है। ऐसी दशामें यह नपने जल्दी सूख

नहीं सकते, इसलिये दो तीन बार इनको उसी द्रवसे खघाल लेना चाहिये जिसका घनत्व निकालना हो। ऐसा करनेसे पानी निकल जाता ह और द्रव शुद्धतापूर्वक नापा जा सकता है।

किसी पदार्थका घनत्व मालूम हो तो उससे बनी हुई किसी वस्तुकी मात्रा नापकर आयतन और आयतन नापकर मात्रा जानी जा सकती है, क्योंकि

किसी वस्तुका घनत्व = उस वस्तुकी मात्रा – उस वस्तुका आयतन

उस वस्तुकी मात्रा = वस्तुका घनत्व × वस्तुका आयतन

$$\text{और उस वस्तुका आयतन} = \frac{\text{उस वस्तुकी मात्रा}}{\text{उस वस्तुका घनत्व}}$$

उदाहरण (१)—१ ग्राम पारेका आयतन बतलाओ जब पारेका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १३.५ ग्राम हो।

$$\text{घनत्व} = \frac{\text{मात्रा}}{\text{आयतन}}$$

$$\text{१३.५ ग्राम} = \frac{\text{१ ग्राम}}{\text{१ ग्रामका आयतन}}$$

$$\text{१ ग्राम पारेका आयतन} = \frac{\text{१}}{\text{१३.५}} \text{ घन सेंटीमीटर}$$

$$= \text{.०७४ घन सेंटीमीटर}$$

(२) एक लीटर ग्लिसरीनकी मात्रा क्या होगी, यदि ग्लिसरीनका घनत्व प्रति घ० सें० मी० १.२६ हो?

ग्लिसरीनका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर = १.२६ ग्राम

१ घन सेंटीमीटर ग्लिसरीनकी मात्रा = १.२६ ग्राम

१ लीटर (१०००घ० सें० मी०) ग्लिसरीनकी मात्रा = १.२६ × १०००ग्राम

= १२६० ग्राम

अभ्यासार्थ प्रश्न—१४

(१) ८०० घन सेंटीमीटर तेलकी मात्रा बतलाओ, घनत्व ०.६ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है।

(२) ५० ग्राम दूधका आयतन क्या होगा ? दूधका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १.०३ ग्राम है।

(३) कितना घन सेंटीमीटर गंधकका तेज़ाब लिया जाय कि उसकी मात्रा २२.२ ग्राम हो ? इस तेज़ाबका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १.८५ ग्राम है।

(४) एक काचकी नलीकी तोल खाली रहनेपर १७ ग्राम है। पारेसे भरे जानेपर ४७ ग्राम हो जाती है। पारेका घनत्व १३.५ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है तो उस नलीमें कितना पानी भरा जा सकता है।

(५) चौथे प्रश्नवाली नलीकी लम्बाई १५ सेंटीमीटर हो तो उसका भीतरी व्यास क्या होगा ?

(६) प्लेटिनमके एक पत्रेकी लम्बाई चौड़ाई क्रमसे ५.७ सें० मी० और ३.३ सें० मी० है। यदि उसकी तोल ३ ग्राम और घनत्व २१.५ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर हो तो मोटाई क्या होगी ?

८—आपेक्षिक घनत्व

पिछले अध्यायमें कहा जा चुका है कि किसी पदार्थका घनत्व उसके घनफलकी एक इकाईकी मात्राको कहते हैं और भिन्न भिन्न इकाइयोंमें लिखनेसे भिन्न भिन्न मात्राओंका बोध होता है। इसलिए घनत्वके साथ साथ आयतन और मात्राकी इकाइयोंका लिखना आवश्यक पड़ता है ? क्योंकि बिना इकाइयोंके लिखे दुविधा बनी रहती है। परन्तु इकाइयोंके लिखनेमें व्यर्थ समय नष्ट होता है, इसलिए ऐसा विचार किया गया है कि पदार्थोंका घनत्व लिखनेमें स्थानमें

उनका (Relative Density) आपेक्षिक घनत्व लिखा जाय तो इकाइयोंका झंझट दूर हो जाय, अर्थात् यदि पदार्थोंके घनत्व की तुलना किसी ऐसे पदार्थसे की जाय जो आसानीसे सब कहीं शुद्ध मिल सके और उनके घनत्वका इसी विशेष पदार्थके घनत्वसे जो सम्बन्ध हो वही लिखा जाय तो कुछ भी कठिनाई नहीं रहती । इसी सम्बन्धको आपेक्षिक घनत्व कहते हैं । यह विशेष पदार्थ, जिसके घनत्वसे पदार्थोंके घनत्वकी तुलना की जाती है पानी है । यही बात थोडेमें यों लिखी जा सकती है ।

$$\text{पदार्थका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{पदार्थका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$$

उदाहरणार्थ, तांबेका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर = ८.९ ग्राम है, इसलिए उसका आपेक्षिक घनत्व

$$= \frac{\text{८.९ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}{\text{१ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}$$

$$= \text{८.९}$$

नोट १—पानीका घनत्व एक विशेष तापक्रमपर १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है, और तापक्रमोंपर यह सदैव १ ग्रामसे कुछ कम होता है, परन्तु साधारण व्यवहारमें १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर समझना अनुचित नहीं है ।

नोट २—आपेक्षिक घनत्वमें कोई इकाई नहीं होती और जो अङ्क आपेक्षिक घनत्वको सूचित करता है, उसी अङ्कके साथ "ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर" लिख देनेसे उसी पदार्थका घनत्व सूचित होने लगेगा ।

आपेक्षिक घनत्वको सूचित करनेवाला अङ्क यह भी सूचित करता है कि पदार्थ पानीसे उतना गुना भारी है अर्थात्

उसका गुरुत्व पानीके गुरुत्वसे उतना ही गुना अधिक है। इसीलिए आपेक्षिक घनत्वको विशिष्ट गुरुत्व (specific gravity) भी कहते हैं।

आपेक्षिक घनत्वकी परिभाषा दो तरह कही जाती है। एक तो यही जो ऊपर बतलायी जा चुकी है और दूसरी परिभाषा पहलीका ही एक दूसरा रूप है जो यों निकाली जाती है।

$$\text{किसी पदार्थका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{उस पदार्थका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$$

$$\text{किसी पदार्थका आ० घ०} = \frac{\text{१ घन सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{\text{१ घन सें० मी० पानीकी मात्रा}}$$

$$= \frac{\text{क} \times \text{१ घ० सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{\text{क} \times \text{१ घ० सें० मी० पानीकी मात्रा}}$$

क्योंकि किसी भिन्नके अंश और हरको एक ही अंकसे गुणा करने पर भिन्नके मानमें कोई अन्तर नहीं पड़ता। यहां 'क' किसी अंकके स्थानमें व्यवहार किया गया है।

$$\text{उस पदार्थका आ० घ०} = \frac{\text{क घ० सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{\text{क घ० सें० मी० पानीकी मात्रा}}$$

$$= \frac{\text{क घ० सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{\text{पानीके उतने ही घनफलकी मात्रा}}$$

$$= \frac{\text{पदार्थकी बनी हुई किसी वस्तुकी मात्रा}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीकी मात्रा}}$$

इसलिए दूसरी परिभाषा यों हुई—

किसी वस्तुकी मात्राको उतने ही आयतन वाले पानीकी मात्राने भाग देनेपर जो अङ्क आता है वही उस पदार्थका आपेक्षिक घनत्व कहलाता है, जिसकी वह वस्तु बनी हुई है।

इस परिभाषाके अनुसार आपेक्षिक घनत्वका निकालना सुलभ है, इसलिए वही मुख्य मानी जाती है और इसीसे काम भी अधिक लिया जाता है। परन्तु इसके बननेका कारण पहला ही सम्बन्ध है, इसलिए दोनोंको समझ रखना आवश्यक है।

यदि पदार्थोंका घनत्व दिया हुआ हो तो पहले ही गुरसे आपेक्षिक घनत्व निकालना अच्छा होता है, और स्थानोंमें दूसरा गुर वर्ता जाता है।

उदाहरण—(१) चादीका घनत्व १०.५ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है तो चादीका आपेक्षिक घनत्व क्या है?

$$\text{चादीका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{चादीका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$$

$$= \frac{\text{१०.५ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}{\text{१ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}$$

$$= \text{१०.५}$$

(२) २८५ घन सेंटीमीटर लकडीकी तोल १८० ग्राम है तो लकडीका आपेक्षिक घनत्व क्या है।

इस प्रश्नका उत्तर दूसरी परिभाषासे जल्दी निकलेगा।

२८५ घन सें० मी० लकडीकी तोल = १८० ग्राम

और २८५ घन सें० मी० पानीकी तोल = २८५ ग्राम

$$\therefore \text{लकडीका आ० घ०} = \frac{\text{१८० ग्राम}}{\text{२८५ ग्राम}}$$

$$= \text{०.६३२}$$

(३) यदि लोहेके एक टुकडेकी तोल ४७ ग्राम हो और आपेक्षिक घनत्व ७ ८ हो तो उस टुकडेका आयतन कितना है ?

$$\text{लोहेका आ० घ०} = \frac{\text{लोहेके टुकडेकी मात्रा}}{\text{उसी आयतन वाले पानीकी मात्रा}}$$

$$\therefore ७\,८ = \frac{\text{४७ ग्राम}}{\text{उसी आयतन वाले पानीकी मात्रा}}$$

$$\text{उसी आयतन वाले पानीकी मात्रा} = \frac{\text{४७ ग्राम}}{७\,८}$$

= ६ ०३ ग्रामके लगभग

परन्तु एक घन सेंटीमीटर पानीकी मात्रा = १ ग्राम

∴ ६ ०३ ग्राम पानीका आयतन = ६ ०३ घन सें० मी०

लोहेके टुकडेका आयतन = ६ ०३ घन सें० मी०

आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शीशी

मात्रा और आयतन नापनेके जितने नियम बतलाये गये हैं वह सब आपेक्षिक घनत्वके मालूम करनेके लिए प्रयोग किये जा सकते हैं और इनसे सभी पदार्थोंके आ० घ० जाने जा सकते हैं परन्तु थोडे समयमें और अधिक शुद्धता पूर्वक द्रवों और छोटी छोटी वस्तुओंका आ० घ०, आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शाशीसे निकाला जाता है। ऐसी शीशियों में २५, ५० वा १०० ग्राम तक शुद्ध पानी [illegible] सकता है, जिसमें जितना शुद्ध पानी भरा जा [illegible] वह मान लिखा रहता है और तापक्रम [illegible] में घिसे हुए [illegible] वडी है। किसी [illegible] डाट और पा[illegible] हवा [illegible] को दूर [illegible] घ०, [illegible] बहुत [illegible]

द्रव भरकर डाटको धीरेसे मुँहमें बैठा देते हैं, तब डाटसे हटा हुआ पानी इसी छेदके मार्गसे बाहर निकल पड़ता है। इस अवस्थामें जितना शुद्ध पानी उसमें भरा रहता है उसी-की मात्रा शीशीपर खुदे हुए मानको सूचित करती है। ऐसी एक शीशीका चित्र यहांपर दिया जाता है (चित्र २६)।

प्रयोग ३०—स्पिरिटका आपेक्षिक घनत्व निकालना।



आपेक्षिक घनत्वके नापनेकी शीशी लेकर देखो स्वच्छ और सूखी है कि नहीं। यदि स्वच्छ न हो तो खूब धोकर सुखा लो। जल्दीमें किसी बर्तनके सुखानेकी विधि यह है।

चित्र २६

पैरकी धौंकनीकी लंबी रबर-नलीमें एक काँच-नली जिसकी लम्बाई एक फुटके लगभग हो लगा दो। जो सिरा रबर-नलीमें लगा हुआ हो उसको दाहिने हाथसे पकड़कर काँच नलीके मध्य भागको आंचमें या लम्पकी लौमें बेलनकी तरह घुमाते हुए रखो और पैरसे धौंकनी चलाते जाओ, हवा मध्य भागसे होकर निकलेगी और काँचकी गर्मीसे गरम भी हो जायगी। काँच-नलीके दूसरे सिरेको शीशी, फ्लास्क या बीकरके पेंदेतक कर दो, परन्तु पेंदा छू न जाय। इनको बायें हाथसे घुमाते जाओ, नहीं तो एक ही स्थानपर अधिक गरमी पहुंचनेसे काँच चटख जायगा। थोड़ी देरतक ऐसा करनेसे बर्तन बिलकुल सूख जायगा। सूखनेपर खूब ठंडा करके डाट लगाओ और तोलो।

स्पिरिट भरो, डाट लगाओ और देखो शीशीमें हवाका एकाध बुलबुला तो नहीं है। यदि बुलबुला रह जाय तो डाट

निकालकर स्पिरिटसे शीशीको लबालब भर दो और बड़ी सावधानीसे डाट रखो। बाहरी भाग खूब अच्छी तरह पोंछकर तोलो। दोनों तोलोंका अन्तर उस स्पिरिटकी तोल होगी जो शीशीमें भरी जा सकती है। तोलोंको इस तरह लिखो—

स्पिरिटसे भरी हुई आ० घ०की शीशीकी तोल =	ग्राम
केवल " " तोल =	ग्राम
शीशीमें अँटनेवाली स्पिरिटकी तोल = .	ग्राम

इस तोलको उस पानीकी तोलसे भाग दो जो शीशीमें भरा जा सकता है। यदि शीशीमें यह लिखा हुआ है तो बहुत अच्छा है नहीं तो शुद्ध पानी उसी सावधानीसे भरकर उसकी भी तोल निकाल लो।

प्रयोग ३१—बालूका आ० घ० निकालना।

शीशीको तोलकर उसमें आधेके लगभग साफ बालू भरो और तोलो।

थोडा थोडा शुद्ध पानी शीशीके भीतर बालूमें छोडो, जिसमें बालूके ऊपरतक पानी हो जाय। काँचके कलमसे बालूको सावधानीसे हिलाओ, जिससे बालूमें चिपटी हुई हवा सब निकल जाय पर कलम निकालते समय कोई बालूका कण बाहर न चला जाय। तब पानी भरकर डाट लगा दो और बाहर खूब पोंछ कर तोल डालो। तोलोंको इस तरह लिखो—

आ० घ० की शीशी और बालुकी तोल = ..	ग्राम
" शीशीकी तोल = ...	ग्राम

ली हुई बालूकी तोल = . . ग्राम

. पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल और बालूकी तोल = .. ग्राम

बालू और पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल = . ग्राम

. बालूसे हटे हुए पानीकी तोल = , ग्राम

. बालू का आ० घ० = $\frac{\text{बालूकी तोल}}{\text{बालूसे हटे हुए पानीकी तोल}}$

प्रयोग ३२—तूतियाका आ० घ० निकालना।

शीशीको तोलकर उसमें तूतियाके अच्छे और साफ छोटे छोटे रवे ८, १० ग्रामके लगभग रक्खो और तोलो। दोनों तोलोंका अन्तर रवोंकी तोल होगी।

रवोंको शीशीमेंसे बाहर न निकालो वरन् उसीके साथ या तो तूतिया का (saturated olution) संपृक्त घोल या और कोई द्रव जिसमें तोली हुई तूतिया घुल न सके भरो, डाट लगा दो और बाहरी भाग अच्छी तरह पोंछ कर तोलो। यह तूतिया और घोल या द्रवसे भरी हुई शीशीकी तोल होगी।

तूतिया और द्रवको निकाल डालो, दो तीन बार शीशीको स्वच्छ घोल या द्रवसे खँगाल डालो और फिर उसी घोल या द्रवको शीशीमें भरकर तोल लो। तोलोंको इस तरह लिखो—

शीशी और तूतियाके रवोंकी तोल = ग्राम

केवल शीशीकी तोल = ग्राम

तूतियाके रवोंकी तोल = .. ग्राम
द्रव वा घोलसे भरी हुई शीशीकी तोल = . ग्राम

द्रव वा घोलसे भरी हुई शीशी और
तूतियाके रवोंकी तोल = ग्राम
तूतिया और द्रव वा घोलसे भरी हुई
शीशीकी तोल = . ग्राम

तूतियासे हटे हुए द्रव वा घोलकी तोल = ग्राम
द्रव वा घोलसे भरी हुई शीशीकी तोल = . ग्राम
केवल शीशीकी तोल = . ग्राम

शीशीमें भरे हुये द्रव वा घोलकी तोल = . . ग्राम

शीशीमें भरे हुये पानीकी तोल शीशीपर खुदी हुई है। त्रराशिक द्वारा यह जाना जा सकता है कि जितना द्रव या घोल तूतियासे हट जाता है उसके स्थानमें यदि पानी होता तो कितना हटता। बस इसी पानीकी तोलसे तूतियाकी तोलको भाग दे दो। भजनफल तूतियाका आपेक्षिक घनत्व होगा।

उदाहरण—(१) एक चूर्णका आ० घ० नीचे दी हुई तोलोंसे निकालो—शीशीकी तोल २५ ग्राम, शीशी और चूर्णकी तोल ४० ग्राम पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल ५० ग्राम, और चूर्ण और पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल ६३ ग्राम है।

शीशी और चूर्णकी तोल = ४० ग्राम
शीशीकी तोल = २५ ग्राम
तोल ग्राम
भरी ग्राम

चूर्णसे हटे हुए पानीकी तोल = २ ग्राम

चूर्णका आपेक्षिक घनत्व = $\frac{\text{१५ ग्राम}}{\text{२ ग्राम}}$

= ७ ५

(२) एक ५० घ० सें० मी० की आ० घ०की शीशीके द्वारा नीचे लिखी हुई तोल मालूम की गई—

शीशीकी तोल = २० २५ ग्राम
मिस्री और शीशीकी तोल = ४५ ७५ ग्राम
मिस्री और अल्कोहल से भरी हुई शीशीका तोल = ७३ ७५ ग्राम
केवल अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ६० २५ ग्राम
तो मिस्रीका आ० घ० निकालो।

मिस्री और शीशीकी तोल = ४५ ७५ ग्राम
शीशीकी तोल = २० २५ ग्राम
मिस्रीकी तोल = २५ ५० ग्राम
अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ६० २५ ग्राम
अल्कोहलसे भरी हुई शीशी और मिस्रीकी तोल = ८५ ७५ ग्राम
अल्कोहल और मिस्रीसे भरी हुई शीशीकी तोल = ७३ ७५ ग्राम
मिस्रीसे हटे हुए अल्कोहलकी तोल = १२ ०० ग्राम
अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ६० २५ ग्राम
शीशीकी तोल = २० २५ ग्राम
शीशीमें भरे हुए अल्कोहलकी तोल = ४० ०० ग्राम

परन्तु शीशी ५० घ० सें० मी० की है,
इसलिए ४० ग्राम अल्कोहलका घनफल = ५० घ० सें० मी०
और १२ ग्राम " " = $\frac{\text{१२} \times \text{५०}}{\text{४०}}$
= १५ घ० सें० मी०
अर्थात् मिस्रीका घनफल = १५ घ० सें० मी०

उतने ही घनफल वाले पानीकी तोल = १५ ग्राम

∴ मिस्रीका आ० घ० = $\frac{२५.४० \text{ ग्राम}}{१५ \text{ ग्राम}}$

= १·७

अभ्यासार्थ प्रश्न–१५

(१) एक पदार्थका घनत्व ८.६ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है तो इसका घनत्व प्रति घनफुट पौण्डोंमें क्या होगा? (१ पौन्ड = ४५३ ग्राम, १ इञ्च=२·५४ सें० मी०)

(२) एक आयताकार ठोसकी लम्बाई, चौडाई, और ऊँचाई क्रम से ३·५४ सेंटीमीटर, ३ २५ सें० मी० और २ ८५ सें० मी० है। यदि इसका आ० घ० ७·३ हो तो उस ठोसकी तोल कितनी होगी?

(३) एक लकडीके गोलेकी तोल २५ ग्राम है और उस लकडीका आपेक्षिक घनत्व ० ७५ है तो उस गोलेका व्यास क्या है?

(४) एक ताँबेके तारकी लम्बाई ३ ५ मीटर, तोल १ ५ ग्राम और आ० घ० ८.६ है तो तारकी मोटाई क्या है?

(५) २०.५५ सें० मी० लम्बा ६·७५ सें० मी० चौडा प्लेटिनमका पत्ता तोलमें ८ ५४ ग्राम होता है तो उसकी मोटाई क्या होगी? (प्लेटिनमका आ० घ०=२१ ५)

(६) एक ५० घन सेंटीमीटर वाली शीशीकी तोल १८ ग्राम है। यदि २५ ग्राम सफेद बालू रखकर शीशी पानीसे भर दी जाय तो शीशीकी तोल क्या होगी? (बालूका आ० घ० = २ ६)

(७) एक रुपयेकी तोल १८० ग्रेन है। यदि इसका आ० घ० १० ४ हो तो इतने ही आयतनवाले सोनेके एक टुकडेकी तोल क्या होगी?

(८) सोनेकी एक जञ्जीरकी तोल १० ५४ ग्राम है। ब्यूरटमें डुबोनेपर ७५ घ० सें० मी० पानी और चढ़ जाता है, तो ज़ंजीरका सोना खरा है या मिलावटी? सोनेका आ० घ० १९.३ है।

(९) पानीसे भरी हुई आ० घ० की शीशीकी तोल ४४ ग्राम है। १० ग्राम लोहेका बुरादा रखकर शीशी फिर भर दी गयी तो कुल तोल ५२.७ ग्राम ठहरी। लोहेका आ० घ० क्या है?

(१०) एक आ० घ० की शीशी तोलमें २७ ग्राम है। पानीसे भर देने पर तोलमें ७६.९२ ग्राम होती है। यदि अल्कोहल भरकर शीशी तोली जाय तो क्या ठहरेगी? (अल्कोहलका आ० घ० .८ ग्राम है)

(११) एक स्वच्छ द्रव पानी सा दीखता है। किन प्रयोगोंसे यह सिद्ध किया जा सकता है कि यह द्रव पानीके सिवाय और कुछ नहीं है?

(१२) लकड़ीका एक टेढ़ा मेढ़ा छोटा टुकड़ा दिया जाय तो उसका आ० घ० कैसे निकालोगे?

९—अर्कमीदिसका सिद्धान्त

लकड़ीका कोई टुकड़ा जब पानीमें कुछ ऊपरसे गिराया जाता है, पहले पानीके भीतर चला जाता है, थोड़ी ही देरमें पानी इसे ऊपर फेंक देता है और यह तैरने लगता है। लकड़ीके गिरने और पानीमें घुसनेका कारण तो पृथ्वीकी आकर्षण शक्ति है परन्तु ऊपर फेंकनेका कारण पानी है। इस फेंकनेको 'उछाल' (upthrust) कहते हैं।

तैरती हुई वस्तुपर आकर्षण शक्ति और पानीकी उछाल दोनों काम कर रहे हैं। परन्तु तैरती हुई वस्तु पानी तलपर थमी रहती है, इसलिए यह दोनों शक्तियाँ समान बल लगाती होंगी, जैसे एक वस्तुको जब दो मनुष्य एक दूसरेके प्रतिकूल समान बलसे खींच रहे हों तो वह वस्तु अपने स्थानपर स्थिर रहेगी और ज्योंही एकका बल दूसरेसे अधिक होगा त्योंही वह प्रबलकी ओर चल पड़ेगी।

यह बहुधा देखनेमें आता है कि कोई तैरती वस्तु पानीमें अधिक डूबी रहती है और कोई कम। यदि शीशम, साखू,

∴ उतने ही घनफल वाले पानीकी तोल = १५ ग्राम

∴ मिस्रीका आ० घ० = $\frac{\text{२५.५० ग्राम}}{\text{१५ ग्राम}}$

= १.७

अभ्यासार्थ प्रश्न—१५

(१) एक पदार्थका घनत्व ८.६ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है तो इसका घनत्व प्रति घनफुट पौण्डोंमें क्या होगा ? (१ पौन्ड = ४५३ ग्राम, १ इञ्च=२.५४ सें० मी०)

(२) एक आयताकार ठोसकी लम्बाई, चौड़ाई, और ऊँचाई क्रम से ३.५४ सेंटीमीटर, ३.२५ सें० मी० और २.८५ सें० मी० हैं। यदि उसका आ० घ० ७.३ हो तो उस ठोसकी तोल कितनी होगी ?

(३) एक लकड़ीके गोलेकी तोल २५ ग्राम है और उस लकड़ीका आपेक्षिक घनत्व ०.७५ है तो उस गोलेका व्यास क्या है ?

(४) एक तांबेके तारकी लम्बाई ३.५ मीटर, तोल १.५ ग्राम और आ० घ० ८.६ है तो तारकी मोटाई क्या है ?

(५) २०.५५ सें० मी० लम्बा ६.७५ सें० मी० चौड़ा प्लेटिनमका पत्ता तोलमें ८.५४ ग्राम होता है तो उसकी मोटाई क्या होगी ? (प्लेटिनमका आ० घ०=२१.५)

(६) एक ५० घन सेंटीमीटर वाली शीशीकी तोल १८ ग्राम है। यदि २५ ग्राम सफेद बालू रखकर शीशी पानीसे भर दी जाय तो शीशीकी तोल क्या होगी ? (बालूका आ० घ० = २.६)

(७) एक रुपयेकी तोल १८० ग्रेन है। यदि इसका आ० घ० १०.४ हो तो इतने ही आयतनवाले सोनेके एक टुकड़ेकी तोल क्या होगी ?

(८) सोनेकी एक जंजीरकी तोल १०.५४ ग्राम है। ब्यूरटमें डुबो देनेपर ७५ घ० सें० मी० पानी और चढ़ जाता है, तो जंजीरका सोना शुद्ध है या मिलावटी ? सोनेका आ० घ० १९.३ है।

पानीका तल प्राय समतल हो उसी जगहके चिन्हको लिख लेना चाहिये।

नलीमें ४ घन सेंटीमीटर पानी और छोड कर देखो पानी कितना और चढता है। इसी तरह तीन तीन वा चार चार घ० सें० मी० पानी छोडते जाओ और हटे हुए पानीका आयतन लिखते जाओ। जिस समय परख नलीमें पानी इतना हो जाय कि ज़रासा और छोडनेपर वह बिलकुल डूब जाय उस समय देखो पानी कितना हटा है ? परख नलीमें नपा हुआ पानी ब्यूरटसे छोडना चाहिये जिसमें शुद्धता भी हो और नापनेकी आसानी भी हो। फिर यों लिखो—

परख नली और पानीकी तोल	नपना-घटके पानी तलका पहला चिन्ह	नपना-घटके पानी तलका दूसरा चिन्ह	हटे हुए पानीका आयतन वा दूसरा चिन्ह — पहला चिन्ह	हटे हुए पानीकी तोल
(ग्राम)	(घ०सें०मी०)	(घ०सें०मी०)	(घ० सें० मी०)	(ग्राम)

यदि प्रयोग सावधानीसे किया जायगा तो पहले कालम और अन्तिम कालमकी तोल लगभग समान होगी, जिससे यह सिद्ध हो जायगा कि तैरनेवाली वस्तु अपनी तोलके समान पानी हटाती है अर्थात् तैरनेवाली वस्तुका उतना ही आयतन पानीके भीतर रहता है जितने आयतनवाले पानीकी तोल उस वस्तुकी तोलके समान हो। जिस समय परख-नली पानीके भर जानेसे डूबने लगेगी उस समय उसकी तोल सारी परख नलीसे हटे हुए पानीकी तोलके बराबर होगी।

अधिक डूबी रहती है और कोई कम। यदि शीशम, साखू, नीम चमेली इत्यादिके सूखे टुकडे पानीमें छोड़े जाँय तो भारी लकडीवाले टुकडेका अंश सबसे अधिक डूबा रहेगा और हलकी लकडीका बहुत सा अंश ऊपर रहेगा। इससे यह पता चलता है कि भारी वस्तु पानीमें अधिक डूबती है और हलकी कम। जो वस्तु अधिक डूबती है वह पानीको भी अधिक हटाती है। इसलिए तैरनेवाली वस्तुओंमें वही अधिक पानी हटाती है जो अधिक भारी होती है। यह बात नावपर चढने वाले बहुत अच्छी तरह जानते हैं कि जब नावमें बहुत मनुष्य चढ जाते हैं तब वह बहुत डूब जाती है और ज्यों ज्यों लोग उतरने लगते हैं त्यों त्यों उतराती जाती है। इससे यह अनुमान होता है कि तैरती हुई चीजके भारीपन और उससे हटे हुए पानीके आयतनमें कुछ सम्बन्ध है। यह किसी प्रयोगसे जांचना चाहिये।

प्रयोग ३३—तैरती हुई वस्तुके भार और उससे हटे हुए पानीका सम्बन्ध जानना।

एक लम्बी परख नली (test tube) लेकर तोलो और इसमें ४ घन सेंटीमीटर पानी रखकर, मुँहको पतले डोरेसे बांधकर १०० घन सेंटीमीटर वाले नपना घटमें लटकाओ। लटकानेके पहले घटमें ७०,८० घन सेंटीमीटर पानी भरकर पानी तलके चिन्हको लिखलो। जिस समय परख नली तैरने लगे, डोरेको छोड दो और देखो कि उसके तैरने से पानी कितना ऊपर चढता है, अथवा हटता है। परख नली तैरती हुई घटके किनारे लग जाती है और दोनोंके बीचमें जरासा पानी बहुत चढ जाता है। इस चढे हुए पानी के तलका चिन्ह हटे हुए पानीका आयतन जाननेके लिए कभी मत लो। जिस जगह

$$\text{किसी ठोसका आ० घ०} = \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीकी मात्रा}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उससे हटे हुए पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{हटे हुए पानीकी ठोसपर उछाल}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{पानीमें ठोसके भारकी कमी}} \qquad (२)$$

$$\text{किसी द्रवका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{द्रवका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{किसी वस्तुसे हटे हुए द्रवका भार}}{\text{उसी वस्तुसे हटे हुए पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{वस्तुपर द्रवकी उछाल}}{\text{वस्तुपर पानीकी उछाल}}$$

$$= \frac{\text{द्रवमें वस्तुके भारकी कमी}}{\text{पानीमें वस्तुके भारकी कमी}} \qquad (३)$$

यह प्रत्यक्ष है कि भारकी कमी तुलासे मालूम की जाती है और साधारण तुला द्वारा १० मिली ग्राम या ०१ ग्रामतक शुद्धता हो सकती है, इसलिए घनत्व, आपेक्षिक घनत्व और आयतनकी सख्याओंमे भी दशमलवके दो स्थानोंतक शुद्धता

वस्तुका भार हवामे	वस्तुका भार पानीमे	पानीमें भारकी कमी	पानीकी ऊपरी उछाल	वस्तुका आयतन वा वस्तुसे हटेहुए पानीका आयतन	वस्तुसे हटे हुए पानीका भार

चौथे और छठे कालमकी तोल बराबर होनी चाहिये। इसका सारांश यह हुआ—पानीकी ऊपरी उछाल हटे हुए पानीके भारके समान होती है। इसीको (Principle of Archimedes) **अर्कमीदिसका सिद्धान्त** कहते हैं। यह सिद्धान्त सभी द्रवोंके लिए ठीक उतरता है, इसलिए साधारणतः इसे यों लिखते हैं-

कोई वस्तु किसी द्रवमें पूरी डूबी हो वा थोडी, उसपर द्रवकी ऊपरी उछाल हटे हुए द्रवके भारके बराबर होती है।

इस सिद्धान्तके सहारे किसी ठोस वा द्रवके घनत्व, आपेक्षिक घनत्व, और आयतन बडी शुद्धता पूर्वक निकाले जा सकते हैं, क्योंकि

$$\text{किसी ठोसका घनत्व} = \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उस ठोसका आयतन}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उस ठोससे हटे हुए पानीका आयतन}} \qquad (१)$$

परन्तु इस हटे पानीका भार = ठोसपर पानीकी उछाल

= पानीमें ठोसकी तोलकी कमी

$$\text{किसी ठोसका आ० घ०} = \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीकी मात्रा}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उससे हटे हुए पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{हटे हुए पानीकी ठोसपर उछाल}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{पानीमें ठोसके भारकी कमी}} \qquad (२)$$

$$\text{किसी द्रवका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{द्रवका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{किसी वस्तुसे हटे हुए द्रवका भार}}{\text{उसी वस्तुसे हटे हुए पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{वस्तुपर द्रवकी उछाल}}{\text{वस्तुपर पानीकी उछाल}}$$

$$= \frac{\text{द्रवमें वस्तुके भारकी कमी}}{\text{पानीमें वस्तुके भारकी कमी}} \qquad (३)$$

यह प्रत्यक्ष है कि भारकी कमी तुलासे मालूम की जाती है और साधारण तुला द्वारा ·० मिली ग्राम या ·०१ ग्रामतक शुद्धता हो सकती है, इसलिए घनत्व, आपेक्षिक घनत्व और आयतनकी संख्याओंमें भी दशमलवके दो स्थानोंतक शुद्धता

∴ हटे हुए पैराफीनका भार = ११.४ ग्राम

परन्तु हटे हुए पानीका भार = १३ ग्राम

∴ पैराफीनका वि० गु० = $\frac{\text{११.४ ग्राम}}{\text{१३ ग्राम}}$

= .८८४

अभ्यासार्थ प्रश्न—१६

(१) एक लकड़ीका बेलन (cylinder) पानीमें बिल्कुल खड़ा तैरता है। यदि आधा बेलन पानीमें डूबा हुआ हो तो लकड़ीका आ० घ० क्या होगा?

(२) एक आयताकार लकड़ीके टुकड़ेकी ऊंचाई ४० सें० मी० और उसका विशिष्ट गुरुत्व .६ है। यदि इसका ऊपरी तल धरातलके समानान्तर हो तो उसकी ऊंचाईका कौनसा अंश पानी तलके ऊपर है?

(३) एक लोहेके टुकड़ेका भार ३७५ ग्राम है। पारेमें तैरानेसे इसके आयतनका $\frac{4}{7}$ भाग डूबा रहता है। यदि पारेका आ० घ० १३.५६ हो, तो टुकड़ेका आयतन और लोहेका आ० घ० निकालो।

(४) एक जहाजकी तोल १५०० टन है। स्वच्छ पानीवाली नदीसे यदि यह जहाज़ समुद्रमें आय तो कितना ऊपर उठ आयगा? पानी तलका स्पर्श करनेवाला जहाजका (cross-section) मध्यच्छेद २०००० वर्गफुट है और नीचे भी ५.७ इंच तक इतना ही है। (समुद्रके पानीका आ० घ० १.०२६, और स्वच्छ पानीका घनत्व प्रति घन फुट ६२.५ पौंड है।

(५) लकड़ीके एक बेलनकी ऊंचाई ८ फुट है और तोल ७५ पौंड है। यदि लकड़ीका विशिष्ट गुरुत्व .८२ हो, तो १५ पौंडका बोझा रखनेसे बेलन कितना और डूब जायगा?

(६) एक लकड़ीके आयताकार टुकड़ेके माप (dimension) ३' × १' × १$\frac{1}{2}$' हैं। पानीमें आधा डूबा हुआ इस प्रकार तैरता है कि इसका सबसे छोटा तल धरातलके समानान्तर है। कितना बल लगानेसे पानीमें ६ इंच और डूब जायगा?

(७) पीतलकी कटोरी पानीमें क्यों तैरती है, यद्यपि पीतलका

घनत्व पानीके घनत्वसे बहुत अधिक है और पीतलका टुकड़ा पानीमें डूब जाता है?

(८) एक लकड़ीके टुकडेका आयतन ५ घनफुट है और तोल २३२ पौंड। लकड़ीका विशिष्ट गुरुत्व बतलाओ। यदि १ घनफुट पानीकी तोल ६२ ५ पौंड हो तो कितना बोझा और रखनेसे टुकड़ा अधिकसे अधिक पानी हटा सकेगा?

(९) एक वस्तुकी तोल हवामें ५० ३४ ग्राम और पानीमें ४१ २६ ग्राम है। वस्तुका आ० घ० क्या है?

(१०) एक शीशेकी डाट तालमें १५ १३ ग्राम है और इसकी तोल पानीमें ९ ३६ ग्राम है, तो शीशेका आ० घ० और डाटका आयतन निकालो।

(११) एक चांदीके टुकडेका भार ५५ १२ ग्राम और आ० घ० १० ५ ग्राम है तो इसकी तोल पानीमें क्या होगी?

(१२) ११ वें प्रश्नवाला चांदीका टुकड़ा अलकोहलमें कितना ठहरेगा यदि अलकोहलका विशिष्ट गुरुत्व ८ हो?

(१३) एक शीशेके खोखले गोलेकी तोल हवामें ३५ ६ ग्राम और पानीमें १२ ७४ ग्राम है, यदि शीशेका आ० घ० २ ६ हो तो गोलेके भीतर कितना स्थान खोखला है?

(१४) एक वस्तुका भार हवामें ४० २ ग्राम, पानीमें ३२ ५ ग्राम और एक तेज़ाबमें ३० ग्राम है तो तेज़ाबका वि० गु० बताओ।

(१५) तूतियेका एक रवा हवामें ३ ग्राम और तारपीनके तेलमें १ ८६ ग्राम होता है, यदि तारपीनके तेलका वि० गु० ८८ हो तो तूतियेका वि० गु० क्या होगा?

(१६) एक चीजकी तोल १२० ग्राम और वि० गु० ६ ७ है। यदि ८० ग्रामकी एक वस्तु बांधकर पानीमें तोल ली जाती है तो दोनोंकी तोल ९० ग्राम ठहरती है। इस बंधी हुई वस्तुका आ० घ० कितना होगा?

इन प्रश्नोंके पढने और अभ्यास करनेसे यह भली भांति समझमें आ जायगा कि प्रयोग द्वारा आर्कमीदिसके सिद्धान्तकी सहायतासे आपेक्षिक घनत्व, आयतन इत्यादि कितनी शुद्धता पूर्वक मालूम किये जा सकते हैं। अब कुछ प्रयोग संकेत मात्रके लिए नीचे लिख दिये जाते हैं। इनको कर लेनेसे विद्यार्थीको बहुत अच्छा अभ्यास हो जायगा।

अभ्यासार्थ प्रयोग

(१) तांबेके एक टुकडेको लेकर उसका विशिष्ट गुरुत्व निकालो।

(२) किसी टेढे मेढ़े ठोस टुकडेको लेकर उसका आयतन निकालो।

(३) किसी घोल वा तेल या द्रव का आपेक्षिक घनत्व और घनत्व निकालो।

(४) पानीमें उतराने वाली किसी वस्तुका आपेक्षिक घनत्व निकालो।

(५) एक रुपयेका आपेक्षिक घनत्व निकालो और शुद्ध चांदीके आपेक्षिक घनत्व से मिलाओ।

(६) सोने की बालीमें शुद्ध सोना है वा मिलावटी—इसकी जांच करनेमें जो काम करोगे वह सब खूब समझा कर लिखो।

(७) पानीमें तैरने वाली वस्तु का आपेक्षिक घनत्व कैसे निकालोगे? यह प्रयोग इस रीतिसे करना होगा —

तैरनेवाली वस्तुके साथ एक ऐसी भारी वस्तु बांधनी पडेगी जो तैरनेवाली वस्तुको भी डुबो सके। इसलिए पहले ऐसी ही कोई भारी वस्तु लेकर उसको हवा और पानीमें तोल लो। इस भारी वस्तुको हम लंगर (Sinker) कहेंगे।

तैरने वाली वस्तु को हवामें तोलो।

दोनोंको बांधकर पानीमें तोलो।

पानीमें तोलते समय किसी वस्तुमें हवाके बुलबुले न चिपके रह जाय। यदि कोई हों तो उनको कांचकी कलमसे छुड़ा दो। इनके लगे रहनेसे पानी अधिक हटेगा। इस पानीमें वस्तुओंका जितना भार होना चाहिये उससे कम होगा, क्योंकि जितना ही पानी हटेगा उतनी ही उसकी ऊपरी उछाल अधिक होगा।

तोलोंको इस तरह लिखो —

हवामें तोलनेस लगरका भार . ग्राम
पानीमें " " . ग्राम
पानीमें लगरके भारकी कमी = ग्राम (१)
तैरनेवाली वस्तुका हवामें भार = ग्राम (२)
हवामें लगरका भार = ग्राम

∴ लगर और तैरनेवाली वस्तुका हवामें भार = ग्राम
" " " पानीमें " = ग्राम
∴ पानीमें दोनोंके भारकी कमी = ग्राम (३)

(१) से लगरके भारकी कमी और (३) से दोनोंके भारकी कमी मालूम होती है। इसलिए (३)–(१) से अर्थात् इन दोनोंके अन्तरसे तैरनेवाली वस्तुके भारकी कमी मालूम होती है। यह कमी तैरनेवाली वस्तुके भारसे भी बढ़ जायगी। परन्तु उसमें कोई शंका न करनी चाहिये, क्योंकि भारकी कमीका तात्पर्य्य यह है कि उसपर उछाल उतनी है अथवा हटे हुए पानीका भार उतना है।

. हवामें तैरनेवाली वस्तुके भार अर्थात् (२) को उसी वस्तुसे हटे हुए पानीके भार अर्थात् (३)–(१) से भाग देनेपर तैरनेवाली वस्तुका आपेक्षिक घनत्व निकल आवेगा।

१०—पदार्थोंपर तापका प्रभाव

पदार्थकी तीन अवस्थाएं

संसारके सारे पदार्थ तीन मुख्य भागोंमें विभक्त किये गये हैं-ठोस, द्रव और वायव्य या गैस। इसलिए यदि तीनों प्रकारके एक एक, दो दो, वा तीन तीन पदार्थ लेकर उनपर तापका प्रभाव देखा जाय और उससे जो परिणाम निकले वही सब पदार्थोंके लिए मान लिया जाय तो अनुचित न होगा। परन्तु पहले इन तीनों प्रकारके पदार्थोंमें परस्पर भिन्नता वा सामनता जानना आवश्यक है।

सोना, चाँदी, पीतल, मिट्टी, लोहा इत्यादि ठोस कहे जाते हैं पानी, दूध, अल्कोहल, तेल इत्यादि द्रव, और हवा, भाप, इत्यादि वायव्य। ठोसोंका आयतन और रूप सदैव एकसा रहता है, यदि उनको बिगाड़नेवाला कोई काम न किया जाय। द्रवोंका आयतन एकसा रहता है, परन्तु रूप उस वर्तनके अनुरूप होता है, जिसमें वह रखे जाते हैं। वही तेल लम्बी पतली शीशीमें रखनेसे बहुत ऊँचा दीख पड़ता है और एक चौड़ी और बड़ी शीशीमें रखनेसे ज़रासा मालूम होता है, परंतु आयतन दोनों अवस्थाओंमें एक ही है। द्रवोंमें बहनेका गुण भी होता है अर्थात् वह ऊँचे स्थानसे नीचे स्थानको बहकर चले जाते हैं। इनका ऊपरी तल भी सदैव धरातलसे समानान्तर होता है। वायव्य पदार्थोंमें इन दोनों प्रकारके पदार्थोंसे भिन्नता होती है। न तो उनका कोई आयतन ही स्थिर रहता है और न रूप ही। यह बहते अवश्य हैं, परन्तु जिस वर्तनमें रखे जाते हैं उसमें फैलकर सारी जगहमें भर जाते हैं और यदि वह वर्तन खोल दिया जाय तो सारी कोठरी

उनसे भर जाती है। यह बात किसी गंधयुत वायु या भापसे प्रत्यक्ष हो जाती है।

द्रव और वायव्य दोनों प्रकारके पदार्थ बहते हैं। इसलिए इनका साधारण नाम तरल (fluid) रख लिया गया है। आगे जहां कहीं 'तरल' शब्द प्रयोग किया जाय वहाँ द्रव और वायव्य दोनोंसे तात्पर्य होगा।

यह दिखाया जा सकता है कि एक ही पदार्थ ताप विशेष-से ठोस, द्रव और वायव्य अवस्थाओंमें बदल जाता है। पानी साधारणतः द्रव है, परन्तु गरमी बढा देनेसे वा हवाके चलने-से अदृश्य भाप होकर गायब हो जाता है। वही विशेष सरदी पाकर ठोस बर्फ हो जाता है, सरदीके दिनोंमें घी या नारियल का तेल जम कर ठोस हो जाता है, गरमी पाकर पिघल जाता है और द्रव बन जाता है, बहुत गरमी पाकर वायव्य होकर उड भी सकता है। इसी तरह सोना, चांदी, बालू इत्यादि भी पिघल कर द्रव हो जाते हैं, परन्तु इनके लिए बहुत गरमी पहुँचानेकी आवश्यकता पडती है। कहा जाता है कि सूर्यमें लोहा, इत्यादि बहुत सी धातु वायव्य अवस्थामें ही मौजूद हैं।

ठोसोंपर तापका प्रभाव

बहुतोंने देखा होगा कि इक्के, गाडीवाले गरमीके दिनोंमें पहियोंकी हालोंको ठंडे पानीसे तर करते रहते हैं। पूछनेपर वह बतलाते हैं कि गरमीसे हाल ढीली पड जाती है। कदा-चित् किसी विचारवान् लडकेके मनमें यह प्रश्न भी उठा होगा कि हाल पहियेपर चढायी कैसे जाती है। इसके चढाने-की रीति बडी सरल है। हालको समतल भूमिमें रखकर उस-

पर कंडे सुलगाये जाते हैं, जब यह खूब लाल हो जाती है उसे उठा कर पहियेपर चढ़ा देते हैं, और अच्छी तरह बैठ जानेपर पानीसे ठंडा कर देते हैं, ठंडसे हाल सिकुड़ जाती है और इतने जोरसे पहियेको पकड़ लेती है कि मनुष्य उसको छुड़ा नहीं सकता। इसी साधारण अनुभवसे तीन बातें सिद्ध होती हैं—

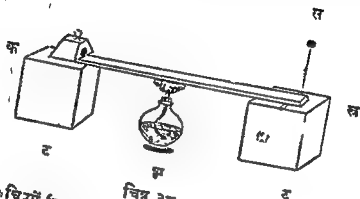
गरम पदार्थके साथ ठंडा पदार्थ भी गरम हो जाता है। गरमीसे पदार्थ पहले फैलते हैं, पीछे सिकुड़नेमें बहुत बल लगाते हैं।

इसी कारण रेलगाडीकी पटरियाँ जहाँ जुड़ी रहती हैं वहां गरमीके दिनोंमें फैलनेके लिए कुछ थोड़ा सा अन्तर रखा जाता है। बिजली द्वारा समाचार भेजनेके लिए रेलकी पटरियोंके साथ साथ खम्भोंपर तार बँधे रहते हैं। वह भी जाड़ेमें सिकुड़ कर कुछ सीधे हो जाते हैं और गरमीमें फैलकर लटक पड़ते हैं। अब कुछ प्रयोग ऐसे वर्णन किये जाते हैं जिनके द्वारा पदार्थोंका गरमी पाकर फैलना दिखलाया जा सकता है।

प्रयोग ३५—किसी धातुके छड़के बढ़नेकी जाच।

डेढ दो फुट लम्बा लोहा, तांम्बा या पीतलका कोई छड़ लकड़ीके टुकड़ोंके सहारे मेजपर (चित्र २८) धरातलके समानान्तर रखो। यदि लकड़ीके टुकड़े न हों तो दो स्टूलोंको कुछ दूरीपर रखकर उन्हींपर छड़को रखो और देखो छड़ धरातलके समानान्तर मालूम होता है या नहीं। छड़का एक सिरा किसी भारी चीजसे दबा दो और दूसरे सिरेके पास ही छड़के नीचे एक बड़ी सुई इस प्रकार रखो कि वह

छडकी लम्बाईसे समकोण बनावे। सुईके छेदमें एक दूसरी लम्बी सुई वा आलपीन घुसेड दो, जिसमें यह स्टूलके तल सीधी खडी रहे।



चित्र २८

इस चित्रमें 'ट,ट' लकडीके टुकडे, 'क ख' छड़, 'भ' भारी वस्तु 'स' खडी हुई सुई और 'ल' गरम करनेवाली स्पिरिट लम्प या ढिबिया दिखलायी गयी है।

जिस समय दोनों टुकडोंके बीचमें लम्पसे छड गरम किया जाता है, छड बढ़ने लगता है और बढ़नेके साथ खडी हुई सुईको भी लुढ़काता जाता है, जिसके लुढकनेसे उसके छेदमें पहिनाई हुई दूसरी सुई तिरछी होती जाती है। लम्प हटा लिया जाय तो छड सिकुडने लगता है और तिरछी सुई सीधी खडी होने लगती है। यदि ठडा पानी छोड़कर छड तुरन्त ठडा किया जाय तो वह बहुत जल्दी सिकुड जायगा और सुई एकयारगी सीधी खडी हो जायगी।

छडके एक सिरेको भारी वस्तुसे दबानेका कारण केवल यह है कि वह सिरा दबा रहे जिससे छड इस ओर न बढने

यदि कुप्पीमें सरदी पहुँचायी जाय तो 'क' में पानी ऊपर चढ़ेगा और 'ख' में उतरेगा।

प्रयोग ३६—पानीमें गरमी पहुचानेसे तेल कहातक बढ़ सकता है ?

चित्र ३३में स—डट्टा, क—थमना या चगुल, छ—छल्ला, ल—स्पिरिट लम्प और च—चौकर है, जिसमें पानी भरा हुआ है। प—परखनली है, जिसमें तेल भरा हुआ है, और जिसके मुहमें एक छेदवाले कागके द्वारा एक लम्बी कांचकी नली लगी हुई है। चौकरका पानी गरम करनेसे परख-नलीका तेल गरमी पाकर बढ़ेगा और नलीमें चढ़ेगा। पानीको खूब गरम करते जाओ और देखो तेलका चढ़ना कहीं बन्द होता है या चढ़ता ही जाता है।

इसी प्रकार परख नलीको बर्फमें रखकर देखो तेल कहाँ तक सिकुड़ता है।

इस प्रयोगसे यह पता चलता है कि जब पानी उबलता रहता है उस समय तेलका फैलना रुका रहता है और बर्फ में भी बहुत देरतक रखनेसे तेलका सिकुड़ना बन्द हो जाता है।

ताप और तापक्रम

यह साधारण अनुभवकी बात है कि जब कोई ठंडी वस्तु किसी गरम वस्तुको छूए रहती है तो गरम वस्तु ठंडी हो जाती है और ठंडी वस्तु गरम। जब दोनों बराबर गरम हो जाती हैं, दोनोंमेंसे बराबर गरमी निकलने लगती है और कुछ देरमें दोनों ठंडी हो जाती हैं। इसी बातको वैज्ञानिक भाषामें यों कहते हैं—

"जब कोई ठंडी वस्तु किसी गरम वस्तुसे लगी हुई या सलग्न रखी जाती है तो गरमी गरम वस्तुसे ठंडी वस्तुमें बह जाती है। जिस वस्तुसे गरमी बहती है उसका ऊंचा ताप क्रम temperature कहा जाता है। और जिसमें गरमी बहकर जाती है उसका नीचा ताप क्रम होता है। जब दोनों का ताप क्रम समान हो जाता है, एकसे दूसरेमें गरमीका बहना रुक जाता है।

ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुसे गरमी बहनेकी उपमा ऊंचे धरातलसे पानी बहनेके साथ देते हैं, अर्थात् जैसे ऊंचे धरातलसे द्रव बहकर नीचे धरातलमें जाता है, इसी तरह ऊंचे ताप क्रमवाली वस्तुसे गरमी बहकर निचले ताप क्रमवाली वस्तुमें जाती है। और जैसे ऊपरवाला द्रवतल घटता और नीचेवाला द्रवतल बढता जाता है और बहना उसी क्षण बन्द हो जाता है, जिस समय ऊपर नीचेके द्रवतल समान ऊंचाईपर हो जाते हैं, उसी भांति ऊंचे ताप क्रम वाली वस्तुका तापक्रम घटता जाता और निचले तापक्रमवाली वस्तुका बढता जाता है और जब दोनोंके ताप क्रम समान हो जाते हैं एकसे दूसरेमें गरमीका बहना रुक जाता है। यह कभी न समझना चाहिये कि ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुमें गरमीका परिमाण सर्वदा अधिक होता है और निचले ताप क्रमवाली वस्तुमें कम। ऊंचे ताप क्रमका होना यह नहीं सूचित करता कि तापकी मात्रा अधिक है वरन् यह सूचित करता है कि इसमेंसे ताप अधिक बह सकता है। लोहेका तार जो गरमीसे लाल हो गया हो कपडे या कागजमें छुलानेसे जला देगा, जो एक घडा उबलता हुआ जल भी छोडनेपर नहीं जला सकेगा, यद्यपि घडेके उबलते हुए जलमें तापकी मात्रा अत्यन्त अधिक है। कारण यह है कि लाल गरम तारसे ताप अत्यन्त फुरतीसे

पारा भरनेकी क्रिया

प्यालीमें पारा भर दो। शाखाकी नली इतनी बारीक होती है कि प्यालीमें भर देनेसे ही पारा नलीमें नहीं उतरता। इसलिए घुडीको पहले गरम करके फिर ठंडी करो। गरमीसे उसमेंकी हवा फैलकर नलीकी राहसे कुछ निकल जायगी और ठंडी होनेपर शेष वायुके सिकुड़नेसे जो स्थान बचता है उसमें कुछ पारा खिंच आयगा। इसी प्रकार कई बार घुडीको गरम और फिर ठंडी करनेसे घुडी पारेसे भर जायगी और शाखामें भी कुछ दूरतक पारा चढ़ जायगा। जब ठंडा होनेपर भी शाखामें कुछ दूरतक पारा चढ़ा रहे तब भरना रोक दो। दो एक बार इस पारेको उबाल डालो जिसमें पारेमें लगी हुई हवा बिलकुल निकल जाय। अब भी घुडीमें इतना पारा होना चाहिये कि कुछ दूरतक नलीमें चढ़ा रहे। प्यालीमेंसे पारा निकाल लो।



चित्र ३४



चित्र ३५

प्याली अलग करनेके लिए उसके नीचे शाखाको खूब गरम करके गला लो। उसी समय घुडीमें भी इतनी गरमी पहुँचानी चाहिये कि पारा फैलकर गले हुए स्थानतक पहुँच जाय। तब प्याली खींचकर अलग कर लो। (देखो चित्र ३५) ऐसा करनेसे शाखाका मुह बन्द हो जायगा। पारा गले हुए स्थानतक पहुँचानेका कारण यह है कि तापमापकमें वायु न

रहने पावे नहीं तो ऊँचे तापक्रमपर यह वायु फैलकर यन्त्रको तोड़ सकती है। केवल पारा ही भर देने और शाखा बन्द कर देनेसे शुद्ध तापमापक नहीं बन जाता।

ताप नापनेकी भी इकाई की आवश्यकता पड़ती है। इसकी इकाई यों स्थिर की गयी है—

प्रयोग ३६ से यह ज्ञात होता है कि जिस समय पानी उबलता रहता है उस समय उसमें रखी हुई वस्तुका फैलना रुका रहता है अर्थात् वह उससे अधिक गरम नहीं होने पाती, जिससे यह सिद्ध होता है कि उबलते हुए पानीका या उसमें रखी हुई वस्तुका तापक्रम एक सा स्थिर रहता है, क्योंकि गरमीके बढ़नेसे तापक्रम बढ़ता है और वस्तु फैलती है और वस्तुके फैलनेसे ही तापक्रमके बढ़ने घटनेका पता लगता है। जिस तापक्रमपर पानी उबलता है उसको पानीका क्वथनाङ्क (boiling point) कहते हैं। इसी प्रकार जब तक कोई वस्तु पिघलती हुई बर्फमें रखी रहती है उसका सिकुड़ना रुका रहता है। इस तापक्रमको बर्फका द्रवणाङ्क (melting point) या पानी का हिमाङ्क (freezing point) कहते हैं। इन्हीं दोनों तापक्रमोंको स्थिर समझकर इनके बीचवाले भागको १०० समान अंशोंमें विभक्त करते हैं। द्रवणाङ्क को आरम्भ बिन्दु मानते हैं और क्वथनाङ्कको १००, और ० और १०० के बीचकी शाखाके १०० भाग मानकर बराबर बराबर चिन्ह कर देते हैं। इस तरह प्रत्येक भाग या अंश (degree) द्रवणाङ्क और क्वथनाङ्कके बीचवाले भागका सौवाँ भाग है। इसीलिए इसका नाम शतांश (centigrade degree) है। जिन तापमापकोंमें शतांश ही इकाई मानी जाती है उनको शतांश तापमापक (centigrade thermometer) कहते हैं।

(५) फारनहैट तापमापकसे एक द्रवका तापक्रम ११०° पढा जाता है। एक बिगड़ा हुआ शतांश तापमापक प्रयोग करनेसे उसी द्रवका तापक्रम ४४° पढा जाता है। शतांश तापमापकमें कितनी अशुद्धि है?

(६) दो तापमापक समान घुंडीके हैं परन्तु शाखाके छिद्रोंकी चौड़ाईमें भिन्नता है। किस तापमापकमें दोनों स्थिर चिन्होंके बीचकी दूरी अधिक होगी? इसको एक उदाहरण देकर समझाओ।

(७) तापमापकका छिद्र चौडा रखा जाय तो क्या दोष होगा?

फारनहैट और शतांश तापक्रमोंका ग्राफ

यह प्रत्येक विद्यार्थीकी समझमें आ गया होगा कि शतांश तापक्रमको फारनहैट तापक्रममें वा फारनहैटको शतांश तापक्रममें बदलनेके लिए कुछ गणना करनी पड़ती है। यदि प्रत्येकके पास इन दोनों तापक्रमोंका एक ग्राफ (graph) रहे तो गणना करनेकी कोई आवश्यकता नहीं पडती। किसी दो परिमाणोंका ग्राफ वह सीधी वा वक्र रेखा है जो उन परिमाणोंका सम्बन्ध बतलाती हो। ग्राफका बनाना भी ऐसा सरल है कि सब कोई इसको स्वयम् बना सकता है। इसके खींचनेकी दो रीतियां हैं, (१) गणनाके द्वारा और (२) प्रयोग के द्वारा।

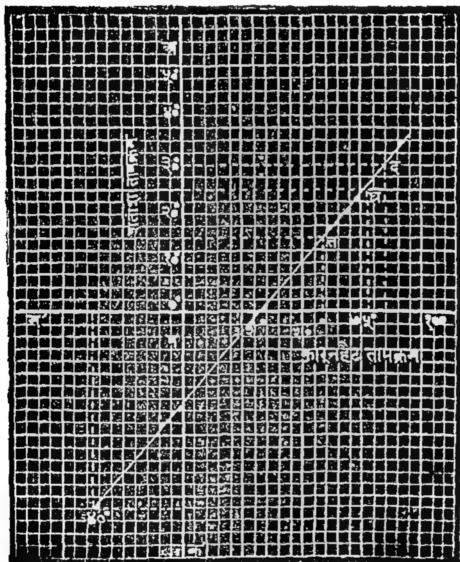
(१) गणना करके ग्राफ खींचना

मान लो गणना करनेसे दोनों तापक्रमोंका यह सम्बन्ध निकलता है—

१५° श = ५६° फ
२५° श = ७७° फ
३०° श = ८६° फ
४५° श = ११३° फ

फाहरनहैट और शतांश तापक्रमोंका ग्राफ़

फ



ख

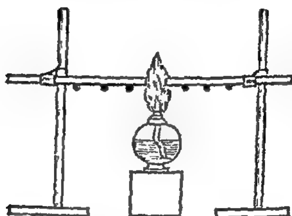
चित्र ३६ [देखिये पृष्ठ १४५]

८५° श = १८५° फ
−५° श = २३° फ

ग्राफ खींचकर इनका सम्बन्ध दिखलानेके लिए (squared paper) खानेदार कागज लो। दो मोटी लकीरोंपर जो आडी और खडी हों कुछ मोटी रेखा स्याहीसे खींचो जैसे 'प क' और 'प ख' (चित्र ३६)। एक रेखापर शतांश तापक्रमोंको और दूसरी रेखापर फारनहैट तापक्रमोंको लिखो। तापक्रमके अङ्कोंको लिखनेके पहले यह हिसाब लगालो कि कितनी कितनी दूरी पर कौन कौनसे अङ्क लिखनेमें सुविधा होगी। चित्र ३६ में खडी लकीरपर केवल २० छोटे छोटे भाग हैं और ० से ५०° शतांशके अङ्कोंको लिखना है, इसलिए एक एक छोटे भागसे २.५°श तक सूचित किया जा सकता है अर्थात् छोटे छोटे ४ भाग १० अंशोंको सूचित कर सकते हैं। इसलिए दोनों मोटी रेखाओंके मिलन विन्दुसे पहले चार भागके पश्चात् १० दूसरे चार भागके पश्चात् २० इत्यादि लिख दिया गया। आडी रेखापर भी कुल २० भाग हैं और २१२ फारनहैट अंशको सूचित करना है। हिसाब लगानेपर मालूम हुआ कि १०० अंशतक सुविधाके साथ सूचित किया जा सकता है क्योंकि तभी एक एक छोटा भाग ५ अंशोंको सूचित कर सकता है। इससे भी छोटा स्केल मानकर गिननेमें बहुत अशुद्धि हो जायगी। दोनों लकीरोंपर अङ्क लिखनेके बाद उन्हींके पास यह भी लिख देना चाहिये कि यह क्या सूचित करता है, जैसे 'शतांश तापक्रम' और 'फारनहैट तापक्रम' लिख दिये गये हैं।

अब एक विन्दु ऐसा स्थिर करना है जो एक साथ दोनों आडी और खडी रेखाओंके सहारे १५°श और ५९° फ सूचित कर सके। देखो 'प क' रेखाको विभक्त करनेवाली

(चित्र ४४) और मोमके गलनेसे गोलियां
सकें। गरम करनेपर जो अच्छा परिचालक
चिपकी हुई गोलियां पहिले गिरना आरम्भ करेंगी।



चित्र ४४

मोमके
लियाँ
स्थानमें यदि
छड़पर
जानेवाले
मान दूरीपर
डा (ph
का रख दिया

अच्छे परिचालकमें वह पहिले जल उठेगा।
कमी बेशी दिखानेके लिए एक विचित्र प्रयोग किया
जिससे पता चलता है कि धातुकी अपेक्षा लकड़ी
परिचालक है। यों तो अनुभवसे सब जानते हैं
लकड़ीके न जलते हुए भागको जहां थाम लेते हैं,
लाल लोहेके चीमटेका दूसरा सिरा भी थाम लेनेसे
जले नहीं रह सकता। इस अनुभवसे तो स्पष्ट ही
ताप बहुत चलता है और लकड़ीमें नहीं। यही हाल
भी होता है। कांच पिघलता रहता है और
दूरीपर हाथसे पकड़े रहते हैं

वह विचित्र प्रयोग यों
दो बेलन एक पीतल वा
एक ... में सिरेपर
इन ... लपेटो जिस

८५° श = १८५° फ
−५° श = २३° फ

ग्राफ खींचकर इनका सम्बन्ध दिखलानेके लिए (squared paper) खानेदार कागज लो। दो मोटी लकीरोंपर जो आड़ी और खड़ी हों कुछ मोटी रेखा स्याहीसे खींचो जैसे 'प क' और 'प ख' (चित्र ३६)। एक रेखापर शतांश तापक्रमोंको और दूसरी रेखापर फारनहैट तापक्रमोंको लिखो। तापक्रमके अङ्कोंको लिखनेके पहले यह हिसाब लगालो कि कितनी कितनी दूरी पर कौन कौनसे अङ्क लिखनेमें सुविधा होगी। चित्र ३६ में खड़ी लकीरपर केवल २० छोटे छोटे भाग हैं और ०°से ५०° शतांशके अङ्कोंको लिखना है, इसलिए एक एक छोटे भागसे २.५°श तक सूचित किया जा सकता है अर्थात् छोटे छोटे ४ भाग १० अंशोंको सूचित कर सकते हैं। इसलिए दोनों मोटी रेखाओंके मिलन विन्दुसे पहले चार भागके पश्चात् १० दूसरे चार भागके पश्चात् २० इत्यादि लिख दिया गया। आड़ी रेखापर भी कुल २० भाग हैं और २१२ फारनहैट अंशको सूचित करना है। हिसाब लगानेपर मालूम हुआ कि १०० अंशतक सुविधाके साथ सूचित किया जा सकता है क्योंकि तभी एक एक छोटा भाग ५ अंशोंको सूचित कर सकता है। इससे भी छोटा स्केल मानकर गिननेमें बहुत अशुद्धि हो जायगी। दोनों लकीरोंपर अंक लिखनेके बाद उन्हींके पास यह भी लिख देना चाहिये कि यह क्या सूचित करता है, जैसे 'शतांश तापक्रम' और 'फारनहैट तापक्रम' लिख दिये गये हैं।

अब एक विन्दु ऐसा स्थिर करना है जो एक साथ दोनों आड़ी और खड़ी रेखाओंके सहारे १५°श और ५६° फ सूचित कर सके। देखो 'प क' रेखाको विभक्त करनेवाली

८५° श = १८५° फ
-५° श = २३° फ

ग्राफ खींचकर इनका सम्बन्ध दिखलानेके लिए (equa-red paper) खानेदार कागज लो। दो मोटी लकीरोंपर जो आड़ी और खड़ी हों कुछ मोटी रेखा स्याहीसे खींचो जैसे 'प फ' और 'प ख' (चित्र ३६)। एक रेखापर शताश तापक्रमोंको और दूसरी रेखापर फारनहैट तापक्रमोंको लिखो। तापक्रमके अङ्कोंके लिखनेके पहले यह हिसाब लगालो कि कितनी कितनी दूरी पर कौन कौनसे अङ्क लिखनेमें सुविधा होगी। चित्र ३६ में खड़ी लकीरपर केवल २० छोटे छोटे भाग हैं और ० से ५०° शतांशके अङ्कोंको लिखना है, इसलिए एक एक छोटे भागसे २५°श तक सूचित किया जा सकता है अर्थात् छोटे छोटे ४ भाग १० अशोंको सूचित कर सकते है। इसलिए दोनों मोटी रेखाओंके मिलन विन्दुसे पहले चार भागके पश्चात् १० दूसरे चार भागके पश्चात् २० इत्यादि लिख दिया गया। आड़ी रेखापर भी कुल २० भाग हैं और २१२ फारनहैट अश-को सूचित करना है। हिसाब लगानेपर मालूम हुआ कि १०० अशतक सुविधाके साथ सूचित किया जा सकता है क्योंकि तभी एक एक छोटा भाग ५ अशोंको सूचित कर सकता है। इससे भी छोटा स्केल मानकर गिननेमें बहुत अशुद्धि हो जाय-गी। दोनों लकीरोंपर अङ्क लिखनेके बाद उन्हींके पास यह भी लिख देना चाहिये कि यह क्या सूचित करता है, जैसे 'शताश तापक्रम' और 'फारनहैट तापक्रम' लिख दिये गये है।

अब एक विन्दु ऐसा स्थिर करना है जो एक साथ दोनों आड़ी और खड़ी रेखाओंके सहारे १५°श और ५९° फ सूचित कर सके। देखो 'प क' रेखाको विभक्त करनेवाली

८५° श = १८५° फ
-५° श = २३° फ

ग्राफ खींचकर इनका सम्बन्ध दिखलानेके लिए (squared paper) खानेदार कागज लो। दो मोटी लकीरोंपर जो आडी और खडी हों कुछ मोटी रेखा स्याहीसे खींचो जैसे 'प क' और 'प ख' (चित्र ३६)। एक रेखापर शतांश तापक्रमोंको और दूसरी रेखापर फारनहैट तापक्रमोंको लिखो। तापक्रमके अङ्कोंको लिखनेके पहले यह हिसाब लगालो कि कितनी कितनी दूरी पर कौन कौनसे अङ्क लिखनेमें सुविधा होगी। चित्र ३६ में खडी लकीरपर केवल २० छोटे छोटे भाग हैं और ० से ५०° शतांशके अङ्कोंको लिखना है, इसलिए एक एक छोटे भागसे २.५°श तक सूचित किया जा सकता है अर्थात् छोटे छोटे ४ भाग १० अंशोंको सूचित कर सकते हैं। इसलिए दोनों मोटी रेखाओंके मिलन विन्दुसे पहले चार भागके पश्चात् १० दूसरे चार भागके पश्चात् २० इत्यादि लिख दिया गया। आडी रेखापर भी कुल २० भाग हैं और २१२ फारनहैट अंशको सूचित करना है। हिसाब लगानेपर मालूम हुआ कि १०० अंशतक सुविधाके साथ सूचित किया जा सकता है क्योंकि तभी एक एक छोटा भाग ५ अंशोंको सूचित कर सकता है। इससे भी छोटा स्केल मानकर गिननेमें बहुत अशुद्धि हो जायगी। दोनों लकीरोंपर अङ्क लिखनेके बाद उन्हींके पास यह भी लिख देना चाहिये कि यह क्या सूचित करत[illegible], जैसे 'शतांश तापक्रम' और 'फारनहैट तापक्रम' लिख[illegible] गये हैं।

अब एक विन्दु ऐसा स्थिर करना है जो एक साथ दोनों आडी और खडी रेखाओंके सहारे १५°श [illegible] ५६° फ सूचित कर सके। देखो 'प क' रेखाको विभक्त करनेवाली

कौनसी आडी लकीर १५° शको सूचित करती है। फिर देखो 'य ख' रेखाको विभक्त करनेवाली कौनसी खड़ी लकीर ५६° फ सूचित करती है। देखनेसे पता लगता है कि ५६ फ ५५° और ६०° फ वाली रेखाओंके बीचमें है। इसलिए इन दोनोंके बीचकी दूरीको ५ मानसिक भागोंमें विभक्त करके ४ भाग छोड़ दिये गये, तब उसी स्थानसे खड़ी बढ़ी हुई रेखा खींची गयी। जहां यह रेखा १५°श वाली रेखासे मिलेगी वहीं दोनों ताप क्रमोंका बतलानेवाला बिन्दु त समझना चाहिये। इसी प्रकार और बिन्दुओंको जैसे थ, द, ध न इत्यादिको स्थिर कर लो। यदि एक सीधमें हों तो इनपर रूलसे रेखा खींचकर इधर उधर बढ़ा दो। यही रेखा शतांश और फारनहैट तापक्रमोंका ग्राफ है।

यह ग्राफ 'य ख' अर्थात् फारनहैट तापक्रमको सूचित करने वाली रेखाको ३०° और ३६° फ के बीचमें काटता है और 'य क' रेखाको लगभग १८° नीचेकी ओर अर्थात् -१७° पर। इससे यह प्रकट होता है कि जब शतांश तापक्रम ०° हो तो फारनहैट तापक्रम ३० और ३५ के बीचमें होता है। वास्तवमें ०°श का तापक्रम ३२° फ होता है। ग्राफ़के ठीक न खिंचनेसे यह अशुद्धि हुई है। और जब फारनहैट तापकम ०° हो तो शतांश-१८° होता है, वास्तवमें होना चाहिये-१७°·८ श। जिस समय शतांशमें-४०° तापक्रम होता है, फारनहैटमें-४०° के लगभग होता है, यथार्थ में उस समय दोनों-४० होते हैं।

एक तापक्रमके दूसरे तापक्रममें बदलनेकी विधि नीचे दी जाती है—

मान लो ६७°श को फ़ारनहैट तापक्रममें बदलना है। ... मालूम होता है कि शतांश सूचित करनेवाली रेखा-

पर यह अंक 'ट' पर पडता है। यहींसे आडी लकीरके साथ साथ ग्राफकी ओर चलो और जिस बिन्दुपर ग्राफ मिल जाय जैसे 'ठ' वहांसे नीचे उतरो और देखो फारनहैट तापक्रम-वाली रेखा कहां मिलती है। उदाहरणमें यह १५२ या १५३ के पास पहुँचती है इसलिए १५२° ५ फ = ६७° श। गणनासे ६७°श = १५२° ६ फ। ट और ठ चित्रमें नहीं दिखाये गये हैं।

(२) दूसरी रीति यह है—

प्रयोग ४८—एक बीकरमें आधा पानी भरकर लोहेकी तिपाईपर (tripod stand) जाली (wire gauze) रखकर उबलने तक गरम करो। लम्प बुझा दो और बीकरमें एक शतांश तापमापक और एक फारनहैट तापमापक रखो और एक ही समय दोनों तापमापकोंसे पानीके तापक्रम देखो और उनको लिख लो। इसी तरह १५ या १६ बार कुछ कुछ देरमें तापक्रम नापो। इन्हींके सहारे ऊपरवाली रीतिके अनुसार ग्राफ खींचो।

इस बातका ध्यान रखो कि तापक्रम नापते समय तापमापककी घुडी पानीके बाहर न निकली रहे और दोनों तापमापकोंकी घुडियां एक दूसरेके पास हों और शाखाएं एक दूसरेसे मिली रहें।

यदि समान समयमें तापक्रम नापना चाहो तो अकेले घडीका देखना और तापक्रमोंका पढना दोनों नहीं हो सकते। इसलिए दो लडकोंको मिलकर काम करना पडेगा। एक तापक्रम पढता जाय और दूसरा घडी देखकर समय बतलाता जाय और तापक्रमोंको लिखता जाय। समय बतलानेवालेको चाहिये कि तापक्रम पढ़नेके उचित समयसे १० सेकण्ड पहले सूचना दे दे, जिससे पढनेवाला सावधान

होकर अपनी आंख तापमापकोंपर ही गडाये रहे और उचित समयके आते ही अर्थात् घडी देखनेवालेके सूचना देते ही दोनों तापक्रमोंको वतला सके।

प्रति दो लडकोंके पास एक सेकड वतलानेवाली घडी न हो तो कोई एक लडका या अध्यापक स्वयम् घडी ले लें और सब लडकोंको उचित समयसे १० सेकड पूर्व घटी या किसी शब्दसे सूचित करदें। यह सुनते ही सब लडके सावधान होकर तापमापकोंको देखने लग जायँ और उचित समयको सूचना देते ही सब दोनों तापक्रमोंको लिख लें।

*यदि इतने तापमापक न हों तो एक लडका एक प्रकारका तापमापक और दूसरा दूसरे प्रकारका उसी पानीमें रखकर तापक्रम अलग अलग पढे।

तापक्रमोंको लिखनेके लिए पहलेसे नीचेकी तरह खाने खींच लेने चाहियें—

समयका अन्तर	शताश तापक्रम	उसी मुकाबिलेका फारनहैट तापक्रम
आरम्भमें		
१ मिनट पर		
२ " "		
३ " "		

* इस प्रयोगके करनेम प्रत्येक लड़केको एक शतांश और फ़ारनहैट तापमापककी आवश्यकता पडेगी।

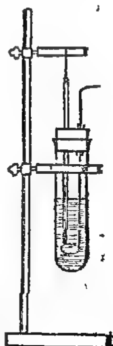
अभ्यासार्थ प्रयोग

१—ऊपरवाले खानेके अकोंके सहारे एक ग्राफ ऐसा खींचो जो पानीके ठंढा होनेकी चाल या रैट (rate) अर्थात् समय और तापक्रमके उतरनेका सम्बन्ध सूचित करे।

नोट १—समयको एक मोटी रेखासे और किसी एक खानेके तापक्रमोंको दूसरी मोटी रेखासे सूचित करके बिन्दुओंको स्थिर करो और ग्राफ खींचो।

नोट २—तापक्रमका उतरना सूचित करनेके लिए खड़ी रेखा अच्छी होती है, क्योंकि तापक्रमका चढ़ना खड़ी रेखाके द्वारा ऊपर जानेसे सूचित होगा और उतरना, उसीपर नीचे आनेसे। समय आड़ी रेखासे सूचित करना चाहिये।

जो परिमाण चढ़ना उतरना सूचित करे वह सदैव खड़ी लकीरके द्वारा सूचित करना चाहिये।



चित्र ४०

२—एक परख-नलीमें आधेसे लगभग पैराफीन मोमके छोटे छोटे टुकड़े रखो और लम्पसे बहुत धीमी आंचसे पिघला लो। जब सब पिघल जाय तो आंच से हटाकर एक स्टैंडमें कसकर चित्र ४० की भांति रख लो और पिघले हुए मोममें एक तापमापक रख दो। तीस तीस सेकेंडमें तापक्रमोंको पढ़ो, जब ३०° श तक तापक्रम उतर जाय, काम बन्द कर दो। बीच बीचमें कभी कभी तापमापकसे ही मोमको हिलाते जाओ परन्तु यह ध्यान रखो कि तापमापककी घुंडी मोमसे बाहर न निकलने पावे। तापक्रमोंको खड़ी लकीरसे और समयको आड़ी लकीरसे सूचित करके ग्राफ खींचो। कौनसा तापक्रम बहुत देर तक स्थिर रहता है और इस तापक्रमके बतलानेवाले बिन्दुओंपर

खींची हुई रेखा किस रेखाके सामानान्तर है ? स्थिर तापक्रमके नीचे मोम ठोस है या द्रव ? [देखो चित्र ४०]

यह स्थिर तापक्रम मोमका द्रवणांक कहलाता है।

३—गन्धकका द्रवणांक ऊपरवाली रीतिसे निकालो। १२०° श तक गन्धकको गरम करो और १००° श तक उतारकर लाओ बीचके तापक्रमोंको खड़ी लकीर और समयको आड़ी लकीरसे सूचित करके ग्राफ खींचो।

नफथलीनका द्रवणांक निकालो।

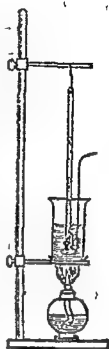
नोट—आरम्भमें जब अभ्यास कम रहता है परख-नलीमें रखकर किसी वस्तुको लम्पकी आँचमें सीधे गरम करनेमें एक तो भीतरकी वायु बराबर आँचपर देरतक नहीं रह सकती, दूसरे परखनलीके कमोवेश आँच पाकर टूट जानेका डर रहता है। इसलिए यदि कोई वस्तु १००° श तक गरम करनी हो तो उसके लिए बीकरमें पानी आधा भर दो और उसी पानीमें वह परख-नली रख दो जिसमें वस्तु गरम करनी है तब पानीको आंचसे गरम करो, जैसा प्रयोग ४६ मे बतलाया गया है।

गधक पिघलानेके लिए पानीका प्रयोग करना अच्छा नहीं क्योंकि गधक १००° श के ऊपर पिघलता है, और पानी १००° श से ऊपर गरम नहीं किया जा सकता, इसलिए उसके स्थानमें कोई तेल या गिलसरीनका ही प्रयोग करना उचित होगा।

द्रवणांक मालूम करनेकी दूसरी विधि

प्रयोग ४६—कांच नलीका एक ५,६ इंचका टुकडा लेकर दोनों सिरोंको दोनों हाथसे पकड कर बीचों बीच लम्पसे गरम करो। गरम करते समय कांच नलीको घुमाते जाओ जिसमें चारों ओर समान गरम हो—नहीं तो टूट जायगी। जब इतना पिघल जाय कि खींची जा सके तब बाहर निकाल कर खींच लो, जिससे एक पतली कांच नली जिसकी मोटाई १½ वा २ मि० मी० हो निकल आवे। इसीमेंसे १ सें० मी० लम्बी काटकर मोम या जिस किसी पदार्थका

द्रवणांक निकालना हो उस बारीक नलीमें भर दो। तापमापककी लम्बी घुडीमें इसे डोरेसे कसकर बांध दो। तापमापकको बीकरके पानीमें रखकर डट्टेमें कस दो। (चित्र ४१)।



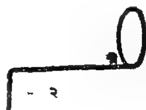
चित्र ४१

धीमी आँचसे बीकरका पानी गरम करो और मथनी (stirrer) या हिलानेवाले-से ऊपर नीचे पानी हिलाओ, जिसमें चारों ओर गरमी बराबर फैले। नलिकाका मोम ज्यों ज्यों पिघलता जायगा पारदर्शक होता जायगा। इसी समय तापक्रम पढना चाहिये। जब सब पिघल जाय, आंच हटाकर पानी ठंडा करो और मथनीसे हिलाओ। जब मोम जमने लगेगा अपारदर्शक होने लगेगा। यह तापक्रम भी पढ लो। यदि बहुत सावधानी की जावेगी तो जमने और पिघलनेके समयके तापक्रममें बहुत अन्तर न होगा। इसी तरह कई बार गरम और ठंडा करके तापक्रम पढो और सबकी औसत निकालो। यही मोमका द्रवणांक होगा।

मथनी कैसे बनायी जाती है?

८, १० इंच लम्बे मोटे ताम्बेके तारको लेकर पहले चित्र ४२ (१) की भांति





चित्र ४२

बना श्रो। फिर मेजपर रखकर उस स्थानसे तार सीधा खड़ा करो जहांसे मोड आरम्भ होता है। ऊपरवाले सिरेको दूसरी ओर मोड दो। बस मथनी तैयार हो गयी। उसका रूप चित्र ४२ (२) की भांति होगा।

११—तापका फैलना

ताप परिचालन, ताप परिजाहन और ताप विकिरण

एक स्थानसे दूसरे स्थानको ताप तीन तरहसे जाता है—

(१) जब किसी वस्तुका एक भाग गरम किया जाता है, ताप गरम स्थानसे उसके पासवाले ठंडे स्थानपर पहुँच कर उसको गरम करता है, फिर वहांसे उसके आगवाला भाग गरम होता है, इसी तरह सारी वस्तु गरम हो जाती है। तापके इस प्रकार फैलनेको तापपरिचालन (conduction) कहते हैं। अपने इसी गुणसे ठोस पदार्थ गरम होते हैं। धातुकी वस्तुओंमें जैसे चीमटा, छड वा तारका एक सिरा आगमें रखनेसे, इसी गुणके कारण दूसरे सिरेतक गरमी पहुँच जाती है।

(२) वहनेवाली वस्तुओंमें ताप एक भागसे दूसरे भागमें स्वयम् नहीं जाता वरन् एक अंशके गरम होनेसे जब वह गरम अंश फैलकर और हलका होकर ऊपर चला जाता है तब गरमी भी उसीके साथ साथ चली जाती है। उसी समय ठंडे स्थानसे ठंडी वस्तु भारी होनेके कारण गरमीके स्थानपर पहुँचकर गरम होती और ऊपर चली जाती है। इस तरह ताप गरम बहनेवाली वस्तुके साथ एक स्थानसे दूसरे स्थान-

में पहुँच जाता है। द्रव और वायव्य दोनों प्रकारके पदार्थ बहते है, इसी तरह गरमी फैलाते हैं और इसी गुणके सहारे गरम किये जाते है। इसको परिवाहन (convection) कहते हैं। परिवाहनके द्वारा ताप नीचेसे ऊपरको जाता है।

(३) तीसरी प्रकारसे ताप सभी दिशाओंमें विना किसी वस्तुके सहारे ही फैलता है और सब दिशाएँ गरम होती हैं। इसको विकिरण (radiation) कहते हैं। इसके द्वारा गरमी एक ठोससे दूसरे ठोसमें जिनसे कोई लगाव नहीं है पहुँचती है। सूर्य्यसे पृथ्वीतक गरमी इसी प्रकार आती है। इस ताप-सचालनमें यह कोई आवश्यकता नहीं कि माध्यम (medium) भी गरम हो जाय। सूर्य्यसे गर्मी आते समय सूर्य और पृथ्वी-के अन्तरालमें व्यापक आकाश (ether) और धरतीके वायुमण्डलमें गरमी नहीं पहुँचती। हवा तो पृथ्वीकी गरमीसे गरम होती है।

अब प्रत्येकका वर्णन कुछ प्रयोगोंके साथ किया जायगा।

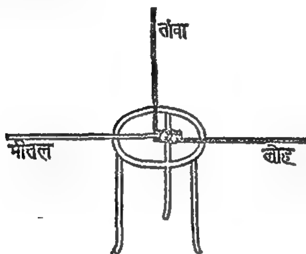
तापपरिचालन

प्रयोग ४३ से यह स्पष्ट हो चुका होगा कि कमरेमें रक्खी हुई सब वस्तुएं साधारण अवस्थामें एक ही तापक्रमपर होती हैं, परन्तु स्पर्श करनेसे यह अनुभव होता है कि कोई वस्तु ठंडी है और कोई कुछ ठंडी और कोई न ठंडी न गरम। यह बात जाडेके दिनोंमें या गरमीके दिनोंमें विशेषकर पायी जाती है। कोई चीज इतनी ठंडी होती है कि हाथ बहुत देर-तक रखा नहीं जा सकता—ऐसी चीजें अधिकतर धातुकी होती हैं। लकडी, ऊन इत्यादिमें यह नहीं पाया जाता। बात यह है कि रहती तो सभी वस्तुएँ एक ही तापक्रमपर हैं, परन्तु

यह तापक्रम जाड़ेके दिनोंमें शरीरके तापक्रमसे नीचा होता है और गर्मीके दिनोंमें शरीरके तापक्रमसे बहुत अधिक। इसका परिणाम यह होता है कि जिन वस्तुओंमें गर्मी शरीर-से बहुत शीघ्रताके साथ निकलकर चली जाती है वह ठंडी प्रतीत होती हैं और जिन वस्तुओंमें तापका शीघ्रताके साथ ले जानेका गुण नहीं है वह इतनी ठंडी नहीं मालूम होतीं। गर्मीके दिनोंमें वही वस्तुएं अधिक गरम मालूम होती हैं जो जाड़ेके दिनोंमें ठंडी मालूम होती हैं, क्योंकि इस समय उनमेंसे गर्मी बड़ी शीघ्रताके साथ निकलकर शरीरमें घुसने लगती है। इससे यह पता चलता है कि सभी ठोस वस्तुओंमें गर्मी एक ही चालसे नहीं परिचालन करती। जिनमें तापका परिचालन शीघ्रतापूर्वक होता है वह परिचालक (conductor) और जिनमें ताप बहुत कम परिचालन करता है उनको अपरिचालक (non-conductor) कहते हैं। परिचालकोंमें भी सोना सर्वोत्तम (best conductor of heat) ताप-परिचालक है, उसके पीछे चांदी और चांदीके पीछे तांबा, इत्यादिका नम्बर आता है। परिचालनकी तुलना करनेकी कुछ मोटी रीतियां यह हैं—

प्रयोग ५०—तांबा, पीतल और लोहेका एक एक छड़ जो लम्बाई और मोटाईमें बराबर हों लो। उनमेंसे किसी एक को एक किनारे एक इंचकी दूरीपर मोड़कर समकोण बना दो और तीनोंको तांबेके तारसे मोड़से मिलाकर कसकर बांध दो (चित्र ४३)। इनको लोहेकी तिपाईपर ऐसे रखो कि तीनोंका जोड़ केन्द्रमें पड़े। प्रत्येक छड़के नीचे कोई लकड़ी या और अपरिचालक वस्तुका टुकड़ा रख दो जिससे त्रिपदस्तम्भकी धातुसे स्पर्श न हो सके नहीं तो कुछ ताप वहींसे त्रिपदस्तम्भ-

में घुस जायगा। पिघला हुआ मोम पजसे तीनोंपर बराबर चुपड दो। जम जाय तब लम्पसे जोडको इस प्रकार गरम

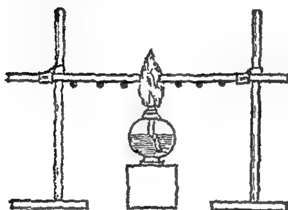


चित्र ४३

करो कि सब तारोंमें गरमी समान लगे। जिस तारपरका मोम जल्दी दूरतक पिघल आयगा वह तीनोंमें सर्वोत्तम परिचालक है। उसके बाद वह होगा जिसमें गर्मी पहिलेसे कुछ मन्द चलती है, परन्तु तीसरेसे तेज। इसी प्रकार और पदार्थोंके परिचालकत्व (conductivity) की तुलना की जा सकती है।

प्रयोग ५१—ऊपरके दो सीधे तारोंका निकालकर किनारेसे समान दूरीपर पतला मोम चुपडकर एक ही पदार्थके और समान तौलकी कुछ गोलिया चिपका दो और स्तम्भोंके द्वारा इनको धरातलके समानान्तर एक सीधमें सिरोंको मिलाकर रखो, जिसमें दोनों समान भावसे गरम हो सकें

(चित्र ४४) और मोमके गलनेसे गोलियां नीचेकी ओर गिर सकें। गरम करनेपर जो अच्छा परिचालक होगा उससे चिपकी हुई गोलिया पहिले गिरना आरम्भ करेंगी।



चित्र ४४

मोमके द्वारा गोलियाँ चिपकानेके स्थानमें यदि प्रत्येक छड़पर गरम किये जानेवाले सिरोंसे समान दूरीपर एक टुकड़ा (pho-phorus) फास्फोरस या प्रस्फुर का रख दिया जाय तो अच्छे परिचालकमें वह पहिले जल उठेगा। परिचालकत्वकी कमी वेशी दिखानेके लिए एक विचित्र प्रयोग किया जाता है, जिससे पता चलता है कि धातुकी अपेक्षा लकड़ी बहुत कम परिचालक है। यों तो अनुभवसे सब जानते हैं कि जलती हुई लकड़ीके न जलते हुए भागको जहां थाम लेते हैं, वहा आगमें लाल लोहेके चीमटेका दूसरा सिरा भी थाम लेनेसे हाथ बिना जले नहीं रह सकता। इस अनुभवसे तो स्पष्ट ही है कि लोहेमें ताप बहुत चलता है और लकड़ीमें नहीं। यही हाल कांचका भी होता है। कांच पिघलता रहता है और उस स्थानसे थोड़ी दूरीपर हाथसे पकड़े रहते हैं।

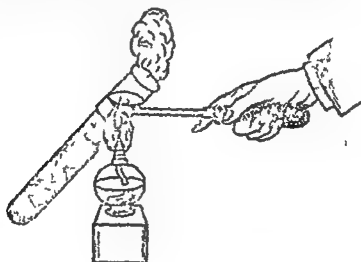
वह विचित्र प्रयोग यों किया जाता है—समान मोटाईके दो बेलन एक पीतल या ताम्बेका हो और दूसरा लकड़ीका एक ही सीधमें सिरेपर जड़ दो। काग़ज़का एक पन्ना लेकर इनपर कसकर लपेटो जिसमें आधा कागज पीतलपर रहे और

आधा लकडीपर। अब यदि यह कसा हुआ कागज अग्निशिखामें रखा जाय तो कागजका वह भाग जो लकडीमें लगा हुआ है जलने लगेगा, परन्तु पीतल वा ताम्बेपर कसा हुआ कागज ज्योंका त्यों रह जायगा। इसका कारण यह है कि कागज या किसी वस्तुको जलानेके लिए उसको एक विशेष तापक्रम तक जिसको ज्वलन बिन्दु Ignition temperature कहते हैं, गरम करना पडता है। जो कागज लकडीमें लगा हुआ है वह अग्नि शिखामें जलने लगता है क्योंकि जो गरमी अग्निशिखासे लकडीमें आती है वह लकडीके अपरिचालकत्वके कारण भीतर यकायगी घुस नहीं जाती वरन् ऊपर जमा होने लगती है जिससे कागजका तापक्रम बहुत बढ जाता है और कागज जलने लगता है। पीतलमें लगा हुआ कागज नहीं जलता क्योंकि जो गरमी पहुँचती है वह एक ही स्थानमें नहीं रहने पाती वरन् तुरन्त पीतलमें फैल जाती है, इसलिए जबतक सारा पीतल उस तापक्रम तक गरम न हो जाय जिसपर कागज जलता है तबतक कागज नहीं जलेगा।

इसी गुणके सहारे काचके वर्तन आचसे टूटनेसे बचाये जाते हैं। लोहेके तारकी जाली काचके वर्तनोंके पेंदेके नीचे रखकर जालीके नीचेसे आंच देते हैं जिससे गरमी चारों ओर फैलकर लगती है। नहीं तो काचके अपरिचालकत्वके कारण एक ही स्थान बहुत गरम होकर फैलना चाहता और दूसरा गरमी न पाकर वैसा ही बना रहता और इस खींचा तानीमें वर्तन टूट जाता। यदि बरनरकी जलती हुई गैसमें जालीका टुकडा ऊपरसे धीरे धीरे नीचे लाया जाय तो जालीके ऊपर वाली अग्नि शिखा कुछ देरके लिए कट जायगी क्योंकि

गरमी जालीमें फैल जाती है। कुछ देरमें जब जाली गरम होकर लाल हो जायगी तब ऊपर भी गैस जलने लगेगी मगर लौ उतनी लम्बी नहीं होगी। यदि बरनरके थोड़ी दूर ऊपर जाली थामकर गैस जलायी जाय तो जालीके ऊपर गैस जलेगी परन्तु नीचे नहीं, क्योंकि नीचेका तापक्रम जालीसे इतना नहीं बढ़ने पाता कि गैस जल उठे।

द्रवोंमें परिचालकत्व बहुत कम होता है। इसलिए इनको गरम करनेके लिए परिवाहन से ही काम लिया जाता है। यदि कोई बरतनके ऊपर आग रखकर पानी गरम करना चाहे तो



चित्र ४५

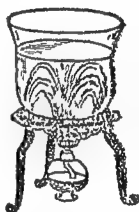
बहुत ज्यादा आंच देकर बहुत थोड़ा काम निकलेगा। नीचेसे गरम करनेमें बहुत जल्दी कुल पानी गरम हो जायगा। यह एक प्रयोगसे स्पष्ट हो जायगा।

प्रयोग ५२—एक परख नलीमें तीन चौथाई पानी भरो और कुछ झुकाकर (चित्र ४५) सिरेवाला पानी लम्पसे

गरम करके खौला डाला। पेंदेको छूकर देखो, ठंडा है। परन्तु जहाँ पानी खौलता था वहा अगुली रखना कठिन होगा।

तापपरिवाहन

प्रयोग ५३—एक गोल पेंदेवाले कांचके बरतनमें आधेसे अधिक पानी भरकर बैंजनी रंगदार रंगका एक रवा तलमें धीरेसे गिरादो और बहुत छोटी लौसे पेंदेको गरम करो (चित्र ४६)। रंगदार पानी बीचमें ऊपर उठेगा और बगलसे नीचे उतरने लगेगा। इससे पता चलता है कि गरम पानी ऊपर उठता है और ऊपरका ठंडा पानी बगलसे नीचे आता है। इस तरह लहरें पैदा होती हैं और इन्हींसे सारा पानी गरम हो जाता है।


चित्र ४६

इसी गुणके कारण ठंडे देशोंमें एक स्थानमें आग जलाकर उसकी गरमी सारे मकानमें गरम पानीके नलोंके द्वारा पहुँचाते हैं और मकानको गरम रखते हैं। बड़ी पुस्तकोंमें इन बातोंका पूरा वर्णन मिलेगा।

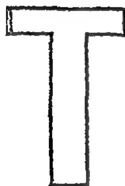
एक प्रयोग बड़ा विचित्र है जो सभी अपने घरोंपर कर सकते हैं। इसलिए उसका वर्णन करना आवश्यक है। कुछ लचकदार कागजका एक खुला सन्दूक बनाकर उसमें तीन-चौथाई पानी भरो और चारों किनारोंमें डोरा बांधकर डंडेमें लटका दो। अग्नि शिखासे पेंदेको छुलाते हुए मन्द आंचसे सन्दूक गरम करो, पानी उबलने लगेगा किन्तु कागज न जलेगा। कागज जलानेके लिए ऊंचे तापक्रमकी आवश्यकता पड़ती है, परन्तु जो गरमी कागजमें लगती है उसको उसके

पासवाला पानी गरम होकर ऊपर वहा ले जाता है। इस तरह पानी तो कुल गरम हो जाता है। परन्तु कागजके जलनेके लिए गरमी ही नहीं इकट्ठा हो पाती।

हवामें ताप परिवाहन

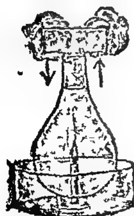
यह नीचेके प्रयोगसे स्पष्ट हो जायगा।

प्रयोग ५४—आवश्यक वस्तुएं—लम्पकी एक चिमनी, एक छोटी मोमबत्ती, कुछ मोटा कागज, कैंची, बीकरमें पानी और चपटे पेंदेका छिछला बर्तन। कागज लेकर चित्र ४७ की तरह काट लो कि चिमनीके ऊपरी मुहमें दो मार्ग बनाता हुआ रखा जा सके।



चित्र ४७

खाली बर्तनमें मोमबत्ती रखकर जलाओ और इसको चिमनीसे घेर दो। बत्ती स्थिर होकर जलती रहती है। बीकरसे धीरे धीरे पानी इतना छोडो कि चिमनीका निचला मुह पानीके भीतर हो जाय। थोडी देरमें मोमबत्ती बुझ जायगी। मोमबत्ती जलाकर और चिमनीके ऊपरी मुंहमें वही कटे हुए कागजके द्वारा दो मार्ग बनाकर बलती हुई मोमबत्तीको फिर घेर दो। इस बार मोमबत्ती बलती रहेगी, (चित्र ४८) बुझेगी नहीं, किन्तु लौ हिलती रहेगी स्थिर नहीं रहेगी, जिससे अनुमान होता है कि हवाका झोंका जा रहा है। इसी दशामें यदि हाथ चिमनीके कुछ



चित्र ४८

ऊपर लाया जाय तो परदेको एक ओर बडी गरमी मालूम होगी। जिधर गरमी मालूम होती है उसी रास्तेसे गरम हवा निकल रही है। जिधर गरमी नहीं है उधरसे ताजी हवा भीतर जाकर बत्तीको जलनेमें सहायता पहुँचाती है। इस (convection current) परिवाहन धाराके कारण बत्ती हिलती है। इसकी परीक्षाके लिए एक बादामी कागजको कई पर्तोंमें लपेटकर एक सिरा जलाकर बुझा दो जिसमें कागज धीरे धीरे जले और धुआँ दे। इसी धुएको चिमनीके कुछ ऊपर ले जाओ तो जिधर ठंडक मालूम होती है उसी मार्गसे धुआँ चिमनीमें घुसता हुआ दीखेगा और जिधर गरम हवा निकलती है उसी तरफ़से बाहर निकल आवेगा।

पहली बार जब बर्तनमें पानी नहीं छोड़ा गया था हवा नीचे धीरे धीरे जाती थी, इसलिए ऊपर दो मार्ग बनानेकी आवश्यकता नहीं पडी।

इस प्रयोगसे बहुतसे परिणाम निकाले जा सकते हैं—

(१) हवा आने जानेके लिए कमसे कम दो मार्ग होने चाहियें।

(२) जलनेकेलिए हवाकी आवश्यकता होती है।

मकानको हवादार बनाना—बरसातके दिनोंमें सभी ठंडी हवाके लिए तरसते हैं परन्तु ठंडी हवा यदि बाहर बहती भी हो तो कोठरीमें नहीं आने पाती, क्योंकि हवाके आने जानेकेलिए कमसे कम दो मार्ग आमने सामनेकी दीवारोंपर होने चाहियें, और कोठरियोंमें प्राय: एक ही दरवाजा होता है। परन्तु यह याद रहे कि दोनों मार्ग एक सीधमें न हों क्योंकि इससे हवाका झोंका तो अवश्य आवेगा

परन्तु कोठरीकी सारी हवा शुद्ध नहीं होने पावेगी । भोंकेमे हानि भी होगी । इसलिए हवाके लिए तरसनेवालों और अपने मस्तिष्कको ठीक रखनेवालोंको चाहिये कि अपने कमरामें कमसे कम दो मार्ग रखें । गरम हवाको बाहर ले जानेकेलिए एक मार्ग छतके पास अवश्य हो क्योंकि गरम और बिगड़ी हुई हवा हलकी होनेके कारण ऊपर उठती है और ठंडी भारी होनेके कारण नीचेके मार्गसे घुसती है । गरम हवा व ठंडी हवा का बहना, (Gulf-stream) गल्फस्ट्रीम और (Anti-gulf-stream) ऐन्टी गल्फ स्ट्रीम, मानसून (monsoon), (trade winds) ट्रेड विन्ड्स इत्यादि परिवाहन धाराओंके उदाहरण हैं । यह धाराएं सूर्य्यके तापसे उठती हैं और सांसारिक जीवनको उपयोगी बनाती हैं । उनका पूरा विवरण प्राकृतिक भूगोल तथा और बड़ी वैज्ञानिक पुस्तकोंमें मिलेगा ।

ताप विकिरण

यह पहले ही कहा जा चुका है कि ताप विकिरण में ताप एक स्थानसे दूसरेपर बिना किसी माध्यम (medium) वा सम्बन्धके पहुँच जाता है और बीचका स्थान गरम भी नहीं होने पाता । ताप विकिरणमें ताप सदैव सीधी रेखामें फैलता है । इसीलिए धूपकी गरमीसे बचनेकेलिए छाता और तेज आँचसे बचनेकेलिए किसी परदेसे काम लिया जा सकता है । प्रयोग करके यह देखा जा सकता है कि काले और खुरदरे तलमें ताप विकिरणके द्वारा जल्दी गरमी पहुँच सकती है और चिकने वा चमकीले पदार्थोंमें बहुत धीरे धीरे । इसी तरह खुरदरे वा काले तलवाला पदार्थ जल्दी ठंडा हो सकता है और चिकने तलवाला देरमें । यह विषय विस्तृत है इसलिए यहाँ इतनी ही चर्चा काफ़ी होगी ।

१३—रसायन विद्या

पदार्थोंके साधारण गुण

भिन्नता और समानतासे लाभ—संसारमें नाना प्रकारके पदार्थ हैं, परन्तु कोई बिना प्रयोजन नहीं है। हाँ, जो मनुष्य पदार्थोंके गुणोंको नहीं जानता, प्रयोजन नहीं समझता, अपने अज्ञानसे हानि उठाता और धोखा खा जाता है। इससे बचना चाहे तो मनुष्य कमसे कम उन सब पदार्थोंसे तो पूरी जानकारी अवश्य करले जो उसके काममें आ रहे हैं या आगे आनेवाले हैं। ज्यों ज्यों मनुष्यका ज्ञान बढ़ता जाता है, उसके सामने साधारण पदार्थोंकी उपयोगिता बढ़ती जाती है। अभी बहुत शताब्दियाँ नहीं बीती हैं कि मनुष्य पत्थरका कोयला और उसके उपयोग नहीं जानता था। धीरे धीरे उसका प्रयोग बढ़ने लगा और लोग कहने लगे कि कोयलेने ही आजकलकी सभ्यताकी नींव डाली है। अब वैज्ञानिक संसारमें कोयलेसे जो जो काम लिये जाते हैं पहिले सपनेमें भी किसीने अनुमान न किया होगा। कोयलेकी उपयोगिता क्यों बढ़ गयी? कोयलेके गुणोंकी परीक्षा करने और जानने से।

इसलिए यदि संसारके पदार्थोंकी उपयोगिता बढ़ानी हो तो उनके विषयमें अच्छी तरह खोज, विचार, मनन और चिन्तनकी बड़ी ही आवश्यकता है। इसके लिए पहिला नियम यह है कि कभी भूलकर भी बिना सोचे हुए यह न कहो अमुक पदार्थ या वस्तु व्यर्थ या खराब है, वरन् उसको बड़ी प्रतिष्ठाकी दृष्टिसे देखो और उसके गुणोंके जाननेका यत्न करो।

परन्तु कोठरीकी सारी हवा शुद्ध नहीं होने पावेगी। ओसेसे हानि भी होगी। इसलिए हवाके लिए तरसनेवाले और अपने मस्तिष्कको ठीक रखनेवालोंको चाहिये कि अपने कमरामें कमसे कम दो मार्ग रखें। गरम हवाको बाहर ले जानेकेलिए एक मार्ग छतके पास अवश्य हो क्योंकि गरम और बिगड़ी हुई हवा हलकी होनेके कारण ऊपर उठती है और ठंडी भारी होनेके कारण नीचेके मार्गसे घुसती है। गरम हवा व ठंडी हवा का बहना, (Gulf-stream) गल्फस्ट्रीम और (Anti gulf-stream) ऐन्टी गल्फ स्ट्रीम, मानसून (monsoon), (trade winds) ट्रेड विन्ड्स इत्यादि परिवाहन धाराओंके उदाहरण हैं। यह धाराएं सूर्य्यके तापसे उठती हैं और संसारिक जीवनको उपयोगी बनाती हैं। उनका पूरा विवरण प्राकृतिक भूगोल तथा और बड़ी वैज्ञानिक पुस्तकोंमें मिलेगा।

ताप विकिरण

यह पहले ही कहा जा चुका है कि ताप विकिरण में ताप एक स्थानसे दूसरेपर बिना किसी माध्यम (medium) या सम्बन्धके पहुँच जाता है और बीचका स्थान गरम भी नहीं होने पाता। ताप विकिरणमें ताप सदैव सीधी रेखामें फैलता है। इसीलिए धूपकी गरमीसे बचनेकेलिए छाता और तेज आँचसे बचनेकेलिए किसी परदेसे काम लिया जा सकता है। प्रयोग करके यह देखा जा सकता है कि काले और खुरदरे तलमें ताप विकिरणके द्वारा जल्दी गरमी पहुँच सकती है और चिकने वा चमकीले पदार्थोंमें बहुत धीरे धीरे। इसी तरह खुरदरे वा काले तलवाला पदार्थ जल्दी ठंडा हो सकता है और चिकने तलवाला देरमें। यह विषय विस्तृत है इसलिए यहाँ इतनी ही चर्चा काफी होगी।

१२—रसायन विद्या

पदार्थोंके साधारण गुण

भिन्नता और समानतासे लाभ—संसारमें नाना प्रकारके पदार्थ हैं, परन्तु कोई बिना प्रयोजन नहीं है। हाँ, जो मनुष्य पदार्थोंके गुणोंको नहीं जानता, प्रयोजन नहीं समझता, अपने अज्ञानसे हानि उठाता और धोखा खा जाता है। इससे बचना चाहे तो मनुष्य कमसे कम उन सब पदार्थोंसे तो पूरी जानकारी अवश्य करले जो उसके काममें आ रहे हैं या आगे आनेवाले हैं। ज्यों ज्यों मनुष्यका ज्ञान बढ़ता जाता है, उसके सामने साधारण पदार्थोंकी उपयोगिता बढ़ती जाती है। अभी बहुत शताब्दियाँ नहीं बीती हैं कि मनुष्य पत्थरका कोयला और उसके उपयोग नहीं जानता था। धीरे धीरे उसका प्रयोग बढ़ने लगा और लोग कहने लगे कि कोयलेने ही आजकलकी सभ्यताकी नींव डाली है। अब वैज्ञानिक संसारमें कोयलेसे जो जो काम लिये जाते हैं पहिले सपनेमें भी किसीने अनुमान न किया होगा। कोयलेकी उपयोगिता क्यों बढ़ गयी? कोयलेके गुणोंकी परीक्षा करने और जानने से।

इसलिए यदि संसारके पदार्थोंकी उपयोगिता बढ़ानी हो तो उनके विषयमें अच्छी तरह खोज, विचार, मनन और चिन्तनकी बड़ी ही आवश्यकता है। इसके लिए पहिला नियम यह है कि कभी भूलकर भी बिना सोचे हुए यह न कहो अमुक पदार्थ या वस्तु व्यर्थ या खराब है, वरन् उसको बड़ी प्रतिष्ठाकी दृष्टिसे देखो और उसके गुणोंके जाननेका यत्न करो।

जिस विशेष इन्द्रियसे जो जो विशेष बात मालूम होती हैं वह सब एक साथ लिखना चाहिये, जैसे—

(१) आंखसे देखकर यह मालूम हो सकता है कि पदार्थ किस अवस्थामें है अर्थात् वह ठोस है वा द्रव वा वायव्य, उसका रंग क्या है, पारदर्शक है वा अपारदर्शक वा अल्पपारदर्शक, बड़े बड़े टुकड़े हैं वा चूरा है, रवादार है या बे-रवा इत्यादि, बातें जो आंखसे प्रत्यक्ष हों, लिखो।

(२) नाकसे सूँघ कर देखो उस पदार्थमें कोई गन्ध है वा नहीं, यदि गन्ध है तो तीक्ष्ण वा मधुर वा उग्र, गन्ध सुखकर है वा दुःखकर,

(३) छूनेसे मालूम होता है कि पदार्थ कड़ा है वा नरम, सूखा है वा गीला, चिकना है वा खुरदरा, ठंडा है वा गरम।

(४) जीभसे चखकर देखा जाता है कि पदार्थ मीठा है वा खारा, वा नमकीन, खट्टा है वा कसैला वा कड़वा। इस जांचके लिए पदार्थको पहिले ही मुहमें न रख लेना चाहिए। पहिले बड़ों से और गुरु जीसे पूछकर यह जान लो कि पदार्थ विषैला तो नहीं है वा इतना तीव्र तो नहीं है कि जीभको जला दे, क्योंकि बहुतसे पदार्थ घातक होते हैं। इसलिए कोई बे जाना हुआ पदार्थ छुओ तो हाथ अवश्य धोलो। इस अभ्यासके रखनेसे धोखा नहीं होता।

(५) फिर और तरहसे जांचो, पीट कर देखो भञ्जनशील है वा आघातवर्द्धनशील, लचीला है [illegible] स्थापक, इत्यादि।

(६) देखो पानीके साथ [illegible]
[illegible] है वा अघुल,

में छोडनेसे ठंडक पैदा होती है या गर्मी। पानी सोख जाता है या नहीं। पानीमें बैठ आता है या उतराता है इत्यादि।

(७) एक छोटीसी परख नली या घडियामें पदार्थको थोडासा रखकर धीमी आंचसे गरम करो और देखो धुआँ निकलता है या टुकडे टुकडे हो जाता है या पिघल जाता है या पानी छोडता है या रंग बदलता है इत्यादि। यदि धुआँ निकलता है तो धुएकी गन्ध कैसी है, यदि धीमी आंचसे पता न चले तो धीरे धीरे आंच बढ़ा दो और इन्हीं बातोंको देखो।

प्रयोग ५५—पदार्थोंकी पारस्परिक कठोरताकी तुलना। लोहा, लोहेकी कमानी, लकडी, सीसा, कांच, स्फटिक, तांबा, खडिया मिट्टी और मोमको रख लो। इनमेंसे कोई एक लेकर देखो यह किस किसपर खरोंचनेका चिह्न बना देता है और किन किनसे स्वयम् खरोंचा जाता है। जिनको यह खरोंचता है उनसे कठोर है। जिनसे खरोंचा जाता है उनसे मुलायम है। कठोर पदार्थोंको एक किनारे रखो, मुलायमको दूसरे किनारे और इसको बीचमें।

इन कठोर पदार्थोंमेंसे कोई एक उठाकर देखो कि कौन कौन कठोर है और कौन कौन नहीं, कठोरोंको एक किनारे रखो, मुलायमोंको दूसरे किनारेपर और इसको बीचमें।

इसी प्रकार सबको एक दूसरेके पीछे ऐसा लगा दो कि जो सबसे कठोर हो, वह पहले स्थानमें, जो पहलेसे मुलायम हो परन्तु औरोंसे कठोर हो वह दूसरे स्थानमें, जो इन दोनों-से मुलायम हो परन्तु औरोंसे कठोर हो वह तीसरे स्थानमें रखा जाय, इत्यादि। अन्तमें वह आवे जो सबसे मुलायम हो।

कठोरताके विचारसे ऊपरवाली वस्तुएँ इस प्रकारसे रखी जायँगी—बिल्लौरी पत्थर, कांच, कमानीदार लोहा, लोहा, तॉबा, सीसा, लकडी, खडिया और मोम।

कांच लोहेसे कठोर होता है यद्यपि लोहे या लकडीके ठोकरसे कांच भञ्जनशील होनेके कारण टूट जाता है क्योंकि लोहेका खरोंचनेका चिन्ह काचपर नहीं पडता वरन् कांचका लोहेपर पड जाता है।

ससारमें सबसे कठोर वस्तु हीरा (diamond) है जो हथोडीसे तोडा जा सकता है परन्तु किसी पदार्थसे खरोंचा नहीं जा सकता। कांचके टुकडोंको सीधा काटनेके लिए हीरे-की कलमसे काम लेते हैं। इस कलममें एक छोटासा हीरेका टुकडा जडा रहता है जिससे कांचकी चद्दरोंपर सीधी रेखाएँ खींच लेते ह। बस इन्हीं रेखाओंपरसे काचको तोडते हैं।

यदि कई पदार्थ जॉचकेलिए दिये जॉय और उनके साधारण गुण पूछे जायँ तो खाने बनाकर लिखनेसे बहुत स्पष्टता होगी, जैसा अगले पृष्ठपर दिये हुए खानोंसे प्रकट होगा—

मान लो बिल्लौरी पत्थर, काच, कमानीदार लोहा, तांबा, सीसा, लकडी और मोमके साधारण गुण जॉचने है।

इसी तरह और पदार्थोंकी भी सारिणी बनायी जा सकती है।

दैनिक कामोंमें आनेवाली बहुतसी वस्तुओंको जैसे नमक, सोड़ा, नौसादर तूतिया, हीरा कसीस, शोरा, गन्धक, चूना, बालू, खडिया मिट्टी, इत्यादिकी जांच करो और देखो इनमें क्या भेद है।

परख नलीमें नौसादर वा शोरा थोड़ा सा रखकर पानी छोड़नेपर मालूम होगा कि पानी कुछ ठंडा हो जाता है।

पदार्थका नाम	देखनेमें	सूंघनेमें	छूनेमें	चखनेमें	पानीके साथ	गर्मीके साथ	और साधारण गुण	किस काममें आता है ?
१–चिक्रौरी पत्थर	ठोस, पारदर्शक,	निर्गंध	चिकना कठोर	स्वाद रहित	अघुल	टूट जाता है	भञ्जनशील	ऐनक बनाये जाते हैं
२ लोहा	ठोस, अपारदर्शक, मटमैला रंग, रगड़ने पर चमकीला साकी-	निर्गंध	चिकना वा खुरखुरा कठोर	स्वाद रहित	अघुल	लाल गरम होकर पिघलने लग जाता है	कुछ कुछ पीटा जा सकता है, तार खींचा जा सकता है। मुर्चा लग जाता है।	भांति भांति के अस्त्र शस्त्र बनाये जाते हैं।

(oil of vitriol) कहते हैं। परन्तु यह तेल कदापि नहीं है। यह गंधकाम्ल या गंधकका तेजाब है जो अधिक परिमाणमें लोहा और गंधकके एक खनिज पदार्थसे बनाया जाता है। एक बूँदमें थोड़ासा पानी मिलाकर चखनेसे खट्टा मालूम होता है। ईंटके रंगवाला हीराकसीस अनार्द्र हीराकसीस नहीं कहा जा सकता है क्योंकि इसमेंसे केवल पानी ही नहीं निकल गया है वरन् गंधकाम्ल भी उड़ गया है। यह बचा हुआ पदार्थ मोरचा ही है। यदि सब तेजाब न निकला होगा तो कुछ इसका अंश भी छूटा होगा। इसके जाननेकेलिए थोड़ीसी ठंडी रंगीन बुकनीको हाथमें रखकर एक वा दो बूँद पानी मिलाओ। मलनेपर बड़ी गरमी मालूम होगी, जैसा तेज गन्धकके तेजाब और पानीके मिलनेपर गरमी निकलती है।

बरसातमें नमक गीला हो जाता है। इसका कारण यह है कि बरसातमें हवा गीली होती है अर्थात् उसमें जल-वाष्प बहुतायतसे होता है, और नमकमें जल वाष्पके सोखनेका गुण होता है, इसलिए नमक पसीज उठता है। ऐसे पदार्थोंको जो हवासे जलवाष्प खींचकर पसीज उठते हैं (deliquescent) पसीजनेवाले कहते हैं और इस क्रियाको (deliquescence) पसीजन कहते हैं।

जिन पदार्थोंमें रवेका जल बहुतायतसे होता है वे हवामें रखे जायें तो कुछ जल उड़ जाता है और ऊपरी तल अनार्द्र हो जाता है। इसलिए बाहरी रूप वैसा ही वे रवा वा अरूप हो जाता है जैसे किसी दीवार वा पृथ्वीमें नोना लगा हो। इस क्रियाको नोना लगना (efflorescence) कहते हैं वात सोडाके रवेमें विशेषकर पायी जाती है। इसी

कारण मामूली सोडा रवेदार नहीं पाया जाता। तूतिया इत्यादिमें थोड़ी बहुत यही बात पायी जाती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न—१९

(१) यदि पांच पदार्थोंको कठोरताके विचारसे श्रेणीबद्ध करना हो तो क्या करोगे ?

(२) कैसे पदार्थोंको घुलनशील कहते हैं ? घुलनशील पदार्थोंके चार उदाहरण दो।

(३) दुनियामें सबसे कठोर पदार्थ क्या है ? इसके बारेमें तुम क्या जानते हो ?

(४) पांच पारदर्शक और तीन अपारदर्शक पदार्थोंके नाम लिखो।

(५) रन्ध्रयुक्त पदार्थ किस काममें लाये जाते हैं ?

(६) खड़िया मिट्टी और चूनेके बारेमें जो कुछ जानते हो लिखो।

(७) फिटकरीमें रवेके पानीका होना कैसे जांचोगे ?

(८) नीचे लिखी वस्तुओंपर गर्मीका क्या प्रभाव पड़ता है—तूतिया, नौसादर, बालू, नमक, और मगनीसियम ?

घुलनशीलता

किसी किसी कुएका पानी खारी होता है। इसके कारण-पर विचार करना चाहिये। कारणको जाननेके लिए यह देखना चाहिये कि किन किन और कहाँ कहाँके कुओंका पानी खारी है। यह बहुधा देखा गया है कि पुराने शहरों और पुरानी पुरानी बस्तियोंमें जो कुआ खोदा जाता है वह खारी पानीका निकलता है। नये बसे हुए गावों और मैदानोंमें खारी पानीका कुआ कहीं देखनेमें नहीं आता। इससे समझ पड़ता है कि शहरोंमें सडासों इत्यादिके कारण जो खारे पदार्थ रासायनिक क्रियाओंसे बन जाते हैं, वर्षामें पानी द्वारा नीचे घुस जाते हैं और कुओंके पानीमें मिल जाते हैं, यद्यपि

सूखी हुई (residue) तलछटके साथ तोल लो। दोनों तोलोंका अन्तर उस सारे पदार्थका भार है जो ५० वा १०० घन सेंटीमीटर पानीमें घुला हुआ है। तोलोंको इस प्रकार लिखो—

तलछटके साथ प्यालीकी तोल	. ग्राम
खाली प्यालीकी तोल	. ग्राम
तलछटकी तोल =	. ग्राम

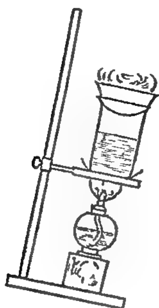
५० या १०० घन सेंटीमीटर खारी पानीमें घुले हुए पदार्थकी तोल = .. ग्राम और १००० घ० सें० मी० खारे पानीमें ग्राम। यह प्रति लीटर पानीमें खारी पदार्थकी तोल हुई।

यदि तोलके हिसाब घुले हुए पदार्थका परिमाण जानना हो तो पानीको भी तोल लेना होगा, क्योंकि सब पानीकी तोल प्रति घन सें० मी० एक ग्राम नहीं होती।

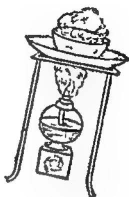
यह नहीं समझ लेना चाहिये कि जो पानी खारी होता है उसीमें घुला हुआ पदार्थ पाया जाता होगा और मीठे पानीमें नहीं। जितने प्रकारके पानी भूमिपर पाये जाते हैं सबमें कुछ न कुछ घुला हुआ पदार्थ रहता है। किसीमें इतना घुला रहता है कि वह खारी हो जाता है और किसीमें कम या किसीमें ऐसे पदार्थ घुले रहते हैं जो स्वयम् खारी नहीं होते, इसकी परीक्षा किसी मीठे पानीको लेकर प्रयोग ५६ की किसी विधिके अनुसार की जा सकती है।

यदि ऐसी जल कुंडी न हो तो इसका काम एक साधारण बीकरसे लिया जा सकता है। बीकरको जालीपर त्रिपदस्तम्भ के ऊपर रखो और आधा पानी भर दो। इसी बीकरके मुँह

पर उस प्यालीको रख दो जिसका पानी सुखाना है। (देखो चित्र ५१)।



चित्र ५१



चित्र ५२

कभी कभी बालुका यन्त्रके द्वारा भी प्यालीमें पानी सुखाया जा सकता है। किसी लोहेकी तिपाईपर लोहेका एक पतला तवा रखो और उसपर इतनी बालू फैलाओ कि एक चौथाई इञ्च मोटी तह हो जाय। इसी पर प्याली रखो और नीचेसे तवेको आंच दो। बालूके द्वारा प्यालीमें गर्मी समान लगेगी और सूखनेके समय यदि आंच अत्यन्त तेज न हुई तो पानी छिटक न सकेगा। (देखो चित्र ५२)।

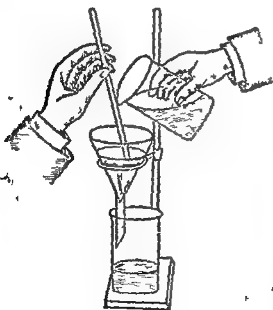
प्रयोग ५७–यह परखना कि पानीमें ठोस पदार्थके घुलनेसे घोलका घनत्व स्वच्छ पानीके घनत्वसे कम होता है वा अधिक।

एक बीकरमें २० ग्राम नमक दूसरेमें उतनी ही शक्कर तीसरेमें उतना ही नौसादर रखो और प्रत्येकमें १००

ऊपरसे कीप और छन्ना कागजके बीचमें होकर नीचे गिर जायगा और छने हुए द्रवको गन्दा कर देगा। इसलिए कुछ छन्ना कागज अवश्य खाली रखना चाहिये।

नीचेवाला बीकर यदि कीपकी नलीके बीचों बीच होगा तो घोल गिरते समय कुछ छिटकेगा, इसलिए इस नलीको भी बीकरकी बगलमें छुला देते हैं जिससे बिना किसी शब्दके बीकरकी भीतसे लगकर बहता हुआ घोल बीकरमें भरता जाता है। यह सब बातें चित्र ५४ से प्रकट होती हैं—

जो स्वच्छ घोल छनकर नीचेके बीकरमें आता है उसको छना हुआ घोल या छना कहते हैं।



चित्र ५४

प्रत्येक छनेका घनत्व जिस विधिसे चाहो निकाल लो। यह मालूम हो जायगा कि घोलका घनत्व घोलकसे सदैव अधिक होता है।

प्रयोग ५८—

पदार्थोंकी घुलनशीलता परखना।

नमक, तूतिया, शकर इत्यादिकी घुलनशीलता परखनेमें कोई विशेष झंझट नहीं करना पडता, क्योंकि इन सबके घोल या तो घुलनशीलके रगके हो जाते या उसी स्वादके हो जाते हैं या पानीमें छोडनेसे कुछ

कम हो जाते हैं, परन्तु बहुत से पदार्थ ऐसे हैं जिनकी घुलनशीलता आंखोंसे या जीभसे नहीं पहिचानी जा सकती क्योंकि ये घुलनशील तो अवश्य होते हैं परन्तु बहुत कम परिमाणमें और घोलमें कुछ स्वाद भी नहीं मिलता। बहुतसे बिलकुल नहीं घुलते। ऐसे पदार्थोंकी घुलनशीलता यों जांचो—

एक बीकरको (distilled) स्रवित* जलसे दो तीन बार धो लो। इसी बीकरमें ८५, ३० घन सें० मी० स्रवित जल लेकर उस पदार्थको बुकनी करके छोड़ो जिसकी घुलनशीलता परखनी हो। काच कलमसे कुछ देरतक हिलाते रहो। इसके बाद साफ तुली हुई प्यालीमें छानकर जल कुंडीपर गरम करो और पानी सुखा डालो। सूख जानेपर यदि पदार्थ घुलनशील है तो अवश्य तलीमें कुछ बैठा हुआ दीखेगा। प्यालीका बाहरी तल पोंछकर और सुखाकर तोलनेसे मालूम हो जायगा कि कितना पदार्थ कितने पानीमें घुलता है।

इसी तरह चूना, खड़िया, बलुआ पत्थर, और गन्धककी घुलनशीलता जांचो।

क्या पानीमें अनघुल पदार्थ और किसी द्रवमें घुल जाते हैं?

लाख, गन्धक या कपूर पानीमें नहीं घुलते। पिछले पदार्थसे पानीमें कुछ सुगन्ध अवश्य फैल जाती है। फिर अर्क-कपूर जो हैजेकी बड़ी अच्छी ओषधि है या वार्निश जिसमें लाख पड़ा रहता है कैसे बनाये जाते हैं?

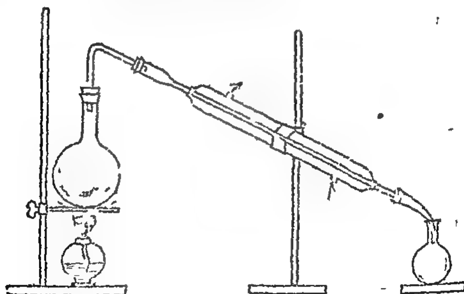
अल्कोहल या मद्यसारमें अथवा साधारण स्पिरिटमें लाख या कपूर घुल जाता है जिसकी परीक्षा परख नलीमें थोड़ा सा अल्कोहल और एक छोटा कपूरका टुकड़ा छोड़कर

* इसके बनानेकी रीति आगे बतलायी जायगी।

में उडेल दो। मेज़पर या प्यालोंमें उँडेलनेसे लकडीके जलने या प्यालोंके टूटनेका भय रहता है। जो गन्धक घरियामें रह जायगा सुईकी तरह लम्बे रवोंके रूपमें दीखेगा। इनको (needle-shaped crystals) सूच्याकार रवे कहते हैं। इस कामके लिए एक विशेष प्रकारकी कडी मिट्टीकी घरिया काममें लायी जाती है। कुम्हारोंकी दियालीसे भी यह काम लिया जा सकता है।

द्रवको टपकाना

घुलनशीलता परखनेके लिए स्रवित जलका ही प्रयोग करना बतलाया गया है क्योंकि स्रवित जल बिलकुल शुद्ध रहता है अर्थात् इसमें कोई घुलनशील पदार्थ नहीं मिला रहता। इसके बनानेकी रीति यह है (चित्र ५५)—



चित्र ५५

इस चित्रमें कुप्पी जालीपर रखी हुई दिखलायी गयी है। प्रयोग करते समय बट्टे में चगुल लगाकर कुप्पीकी गर्दन जकड देनी चाहिये नहीं तो ... गिर जायगी।

१–कुप्पीके लिए डट्टा, चगुल और छल्ला।
२–स्पिरिट लम्प।
३–कुप्पी जिसमें पानी या द्रव खौलाते हैं अर्थात् देग।
४–कुप्पीके कागमें कसी हुई वाष्प लेआनेवाली कांच नली।
५–वाष्प जमानेवाली नली (condenser) या भभका और उसके थामनेका चगुल और डट्टा।
६–टपकते हुए पानीको इकट्ठा करनेका बर्तन।

कुप्पीमें पानी भरकर खौलाते हैं। भाप उड़कर जमनेवाली नली (condenser) या भभकेमें आती है। यह नली बहते हुए पानीसे बराबर ठंडी रखी जाती है। यहां ठंड पाकर भाप जमकर पानी हो जाता है और दूसरे मुंहसे बर्तनमें टपकने लगता है। इसीको (distilled water) स्रवित जल या टपकाया हुआ पानी कहते हैं। ऐसे जलमें कोई घुला हुआ ठोस पदार्थ नहीं रह जाता। दो चार दिन तक जब पानी बरसता रहता है, घुलनेवाले पदार्थ जो हवामें रहते हैं सब घुलकर पृथ्वीपर चले आते हैं। ऐसे समय आकाशका पानी इकट्ठा किया जाय तो उसमें घुलनशील पदार्थ बहुत ही कम पाये जायँगे। इसलिए वह स्रवित जलके समान समझा जा सकता है।

स्रवित-जलमें उड़नेवाला पदार्थ अवश्य घुला हुआ मिलेगा, क्योंकि यह ठोस पदार्थोंकी भांति तलछटमें नहीं रह जायगा, वरन् भापके साथ उड़कर पानीके ही साथ रहेगा। इसी सिद्धान्तपर वैद्य और अत्तार ओषधियोंका अर्क, गुलाब-जल, इत्यादि तैयार करते हैं। उनके टपकानेके यन्त्र, देग, भभका इत्यादि ऐसे बनाये जाते हैं जिनमें ठंडा करनेके

लिए पानी बार बार बदलना पडता है, क्योंकि प्रत्येक स्थानमें पानीका नल नहीं होता जिसके बिना ठंडा पानी बहता हुआ नहीं रख सकते।

इस रीतिसे शुद्ध किया हुआ पानी केवल उन्हीं प्रयोगोंमें काममें लाया जाता है जो पानीमें घुलनशील पदार्थोंके रहनेसे बिगड जाते हैं। रासायनिक विश्लेषणमें (chemical analysis) इसका बहुत काम पडता है।

पीनेके लिए जो पानी शुद्ध किया जाता है उसमेंसे घुलनशील पदार्थके निकालनेका यत्न नहीं किया जाता। पानीकी तैरती हुई गन्दगी ही दूर की जाती है जिसके लिए पानीको बालूके द्वारा छानते हैं। जो पानी बालूमेंसे छनकर नीचे आता है उसमें तैरती हुई गन्दगी नहीं रहने पाती क्योंकि वह बालूमें फँस जाती है।

साधारणत: पानीको कुछ देरतक रखा रहने देते हैं। जब गन्दगी नीचे बैठ जाती है, ऊपरका पानी निथार लेते हैं अर्थात् धीरे धीरे उँडेल लेते हैं जिसमें तलछट न हिलने पावे। इस क्रिया को निथारना (decantation) कहते हैं।

परन्तु यदि पानीमें किसी प्रकारकी दुर्गन्धि हो तो पानीको बिना उबाले हुए कदापि न पीना चाहिये। उबालनेसे दुर्गन्धि पैदा करनेवाला विकार नष्ट हो जाता है और पानी पीनेसे कोई हानि नहीं पहुँचा सकता।

मिश्रण

प्रयोगमें यह अच्छी तरह बतलाया जा चुका है कि यदि कोई अनघुल पदार्थ किसी घोलमें मिला रहता है तो वह

छानकर अलग किया जा सकता है। इसी तरह कोई दो पदार्थ जिनमें से एक अनघुल हो मिले रहें तो अलग किये जा सकते हैं ऐसे दो या अधिक मिले हुए पदार्थोंकी मिलावटको (mechanical mixture or mixture) साधारण मिश्रण या केवल मिश्रण कहते हैं। मिश्रणमें प्रत्येक पदार्थ अपने भौतिक गुणोंको कायम रखता है। और एक दूसरेसे थोडे ही परिश्रममें अलग किया जाता है। यदि मिश्रणके पदार्थोंके गुण एक दूसरे से बहुत भिन्न हों तो अलग करनेकी क्रिया और भी सरल हो जाती है, जैसा नीचेके प्रयोगोंसे स्पष्ट हो जायगा—

प्रयोग ६१—बालू और नमकके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

मिश्रणको एक बीकरमें रखकर इतना स्रवित जल छोड़ो कि मिश्रणके ऊपर १ या २ सेंटीमीटर ऊंचा पानी हो जाय। बीकर इतना बडा चुनो कि आधेसे अधिक स्थान मिश्रणसे ही न घिर जाय। काचकी कलमसे चलाओ और बालुकायन्त्रमें गरम होनेके लिए रख दो। थोडी थोडी देरमें चलाते जाओ। गरम करनेसे बहुत सा नमक घुल जायगा और छन्ना कागजमें भी जल्दी छनेगा। जबतक बीकर गरम हो रहा हो, छन्ना कागज़ मोडकर कीपमें बैठा कर भिगो लो और कीप-दानपर या डट्टेके छल्लेमें रख दो और कीपके नीचे एक स्वच्छ बीकर छने हुए घोलको जमा करनेके लिए रखो। बायें हाथसे बीकर और दहिने हाथसे काच क़लम पकड़कर ऊपरका पानी धीरे धीरे क़लमके सहारे कीपमें निथारते जाओ। छन्नेपर इतना घोल न डाल दो कि कागज़के सिरे तक पहुँच जाय। ५०° श अथवा ६०° श तक घोल गरम रहे तो जल्दी छनता है।

इसी तरह दो, तीन, या ४ चार थोडा थोडा पानी बीकरमें

लिए पानी बार बार बदलना पड़ता है, क्योंकि प्रत्येक स्थानमें पानीका नल नहीं होता जिसके बिना ठंडा पानी बहता हुआ नहीं रख सकते।

इस रीतिसे शुद्ध किया हुआ पानी केवल उन्हीं प्रयोगोंमें काममें लाया जाता है जो पानीमें घुलनशील पदार्थोंके रहनेसे बिगड़ जाते हैं। रासायनिक विश्लेषणमें (chemical analysis) इसका बहुत काम पड़ता है।

पीनेके लिए जो पानी शुद्ध किया जाता है उसमेंसे घुलनशील पदार्थके निकालनेका यत्न नहीं किया जाता। पानीकी तैरती हुई गन्दगी ही दूर की जाती है जिसके लिए पानीको बालूके द्वारा छानते हैं। जो पानी बालूमेंसे छनकर नीचे आता है उसमें तैरती हुई गन्दगी नहीं रहने पाती क्योंकि वह बालूमें फँस जाती है।

साधारणतः पानीको कुछ देरतक रखा रहने देते हैं। जब गन्दगी नीचे बैठ जाती है, ऊपरका पानी निथार लेते हैं अर्थात् धीरे धीरे उँडेल लेते हैं जिसमें तलछट न हिलने पावे। इस क्रिया को निथारना (decantation) कहते हैं।

परन्तु यदि पानीमें किसी प्रकारकी दुर्गन्धि हो तो पानीको बिना उबाले हुए कदापि न पीना चाहिये। उबालनेसे दुर्गन्धि पैदा करनेवाला विकार नष्ट हो जाता है और पानी पीनेसे कोई हानि नहीं पहुँचा सकता।

मिश्रण

प्रयोगमें यह अच्छी तरह बतलाया जा चुका है कि यदि कोई अनघुल पदार्थ किसी घोलमें मिला रहता है तो वह

छानकर अलग किया जा सकता है। इसी तरह कोई दो पदार्थ जिनमें से एक अनघुल हो मिले रहें तो अलग किये जा सकते हैं ऐसे दो वा अधिक मिले हुए पदार्थोंकी मिलावटको (mechanical mixture or mixture) साधारण मिश्रण वा केवल मिश्रण कहते हैं। मिश्रणमें प्रत्येक पदार्थ अपने भौतिक गुणोंको क़ायम रखता है। और एक दूसरेसे थोड़े ही परिश्रममें अलग किया जाता है। यदि मिश्रणके पदार्थोंके गुण एक दूसरे से बहुत भिन्न हों तो अलग करनेकी क्रिया और भी सरल हो जाती है, जैसा नीचेके प्रयोगोंसे स्पष्ट हो जायगा—

प्रयोग ६१—बालू और नमकके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

मिश्रणको एक बीकरमें रखकर इतना स्रवित जल छोड़ो कि मिश्रणके ऊपर १ वा २ सेंटीमीटर ऊंचा पानी हो जाय। बीकर इतना बड़ा चुनो कि आधेसे अधिक स्थान मिश्रणसे ही न घिर जाय। कांचकी कलमसे चलाओ और बालुकायन्त्रमें गरम होनेके लिए रख दो। थोडी थोडी देरमें चलाते जाओ। गरम करनेसे बहुत सा नमक घुल जायगा और छन्ना कागज़ भी जल्दी छनेगा। जबतक बीकर गरम हो रहा हो, छन्ना कागज मोड़कर कीपमें बैठा कर भिगो लो और कीप-दानपर वा डट्टेके छल्लेमें रख दो और कीपके नीचे एक स्वच्छ बीकर छने हुए घोलको जमा करनेके लिए रखो। बायें हाथसे बीकर और दहिने हाथसे कांच कलम पकड़कर ऊपरका पानी धीरे धीरे कलमके सहारे कीपमें निथारते जाओ। छन्नेपर इतना घोल न डाल दो कि कागज़के सिरे तक पहुँच जाय। ५०° श अथवा ६०° श तक घोल गरम रहे तो जल्दी छनता है।

इसी तरह दो, तीन, वा ४ बार थोड़ा थोड़ा

३ ग्रामके लगभग लोहेका बुरादा और दो ग्राम गन्धक लेकर परख नलीमें छोड़ो और पहिले धीमी आंचसे गरम करके फिर आंच बढ़ा दो। कुछ देरमें लोहा और गन्धकका रासायनिक संयोग होगा। ऐसा होते समय लोहा जल उठेगा और चमकने लगेगा और संयोग हो चुकनेपर क्रिया शान्त हो जायगी।

ठंडा करके इस यौगिकको परखनलीसे अलग कर लो और देखो अब भी लोहा चुम्बकसे खिंच आता है या नहीं।

यदि कुछ लोहा खिंच आता है तो इससे यह मालूम होता है कि गन्धक कम था और लोहा अधिक जिससे सब लोहा गन्धकसे नहीं मिल सका है।

लोहा और गन्धकके इस यौगिकको आयरन सल्फाइड (iron sulphide) वा लौह गंधिद कहते हैं। इसमें जरा सा नमक वा गन्धकका तेजाब छोड़ देनेसे बड़ी दुर्गन्धयुक्त गैस निकलती है जो दोअन्नी, चवन्नी वा पैसेको काला कर देती है और हैड्रोजन सल्फैड वा उज्जन गंधिद कहलाती है।

प्रयोग ६७—शोरा और कोयलेके चूर्णका मिश्रण गरम करना।

इसको गरम करनेमें बड़ी सावधानीसे काम लेना होगा, क्योंकि इसमें रासायनिक संयोग होते हुए आग उड़कर बाहर भी निकल पड़ती है। इसलिए परखनलीको (test tube holder) परखनली थमनेसे पकड़ना चाहिये और परखनलीके मुँहको उस ओर कर लेना चाहिये जिधर कोई जलनेवाली वस्तु वा आदमी न हों।

शोरा और कोयलेके चूर्णमें गन्धकका चूर्ण मिला दिया तो बारूद बन जाय। इसीलिए बारूदके जलानेपर

गन्धकके जलनेकी गन्ध आती है। यह प्रयोग लडकोंको न करना चाहिये। इसमें जोखिम है। शोरा और कोयला या गन्धक मिलाकर कभी पीसना भी न चाहिये। इनका चूर्ण अलग अलग बनाया जाता है, तब मिलाते हैं।

प्रयोग ६८—तूतियेके घोलमें लोहेकी कोई वस्तु रखनेसे क्या होता है।

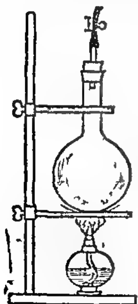
तूतियेका घोल बनाकर उसमें लोहेकी एक साफ चमकती हुई कील छोड दो। थोडी देरमें उठा कर देखो। कीलके ऊपर तांबा चढा हुआ मालूम होगा। यदि कील बहुत बडी हो और तूतियेका परिमाण बहुत कम तो घोलका रंग भी बदल जायगा। तूतियेके घोलका रंग तो था नीला परन्तु इस नये घोलका रंग हरा सा दीखता है। यदि कील निकाल ली जाय और यह घोल हवामें बहुत देरतक रखा रहे या गरम कर दिया जाय तो घोलमें कुछ कुछ भूरापन दीख पडेगा। यह बात हीराकसीसके घोलमें पायी जाती है। इससे पता चलता है कि तूतियेके घोलका कुल तांबा कीलवाले लोहे पर चढ गया और तांबेके स्थानमें कीलका लोहा निकलकर घोलमें मिल गया, जिससे हीराकसीस बन गया। इसमें रासायनिक वियोग और संयोग दोनों हुए। तांबेका तूतियेसे अलग होना रासायनिक वियोग और लोहेका तांबेके स्थानमें हो जाना रासायनिक संयोग हुआ।

इन रासायनिक क्रियाओंके पहिले तूतियेका घोल और लोहा लिये गये थे परन्तु अन्तमें हीराकसीसका घोल और तांबा रहे। इसी बातको (equation) समीकरण के रूपमें यों प्रकट करते हैं—

वायुमंडल या वातावरण (atmosphere) कहते हैं। यद्यपि मालूम होता है कि वायुमंडल एक ही पदार्थका बना हुआ है इसमें हैं बहुतसे वायव्य पदार्थ, जिनमें ओषजन (oxygen) और नत्रजन (nitrogen) मुख्य हैं। मोटे हिसाबसे इसमें ८ भाग नत्रजन और एक भाग ओषजन होते हैं।

वायुका भार या गुरुत्व—प्रयोगों द्वारा यह सिद्ध किया गया है कि वायुमें भी भार होता है जिसके जाननेकी मोटी रीति यह है—

प्रयोग ६६—एक दो सौ या तीन सौ घन सेंटीमीटर-वाली कुप्पीमें रबर-काग अच्छी तरह कस कर लगाओ। छेद-में एक कांच नली २॥ या ३ इंच लम्बी खूब कसकर पहिनाओ; पानीमें भिगो लेनेसे आसानी पड़ेगी। नलीके बाहरी सिरेमें



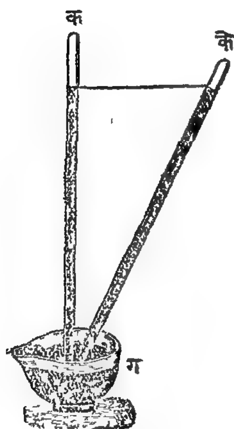
चित्र ५६

एक दृढ और मोटी रबर-नली दो तीन इञ्च लम्बी लगाओ और इस नलीको भी बन्द कर देनेके लिए एक चुटकी (clip) पहिना दो। गर्दनमें तारका एक फन्दा बनाकर लगा दो, जिसके द्वारा तुलाके हुकमें यह कुप्पी लटकाकर तोली जा सके। इस कुप्पीमें आधी छटांक पानी रखकर डट्टेके छल्लेपर तारकी जाली बिछाकर रख दो और गर्दनको भी चगुल-में कसदो (चित्र ५६)। बहुत छोटी लौसे पानीको गरम करो। जब पानी दस मिनिट तक उबलता रहे, रबर-नलीको चुटकीसे

दबा दो। उबलते हुए पानीकी भाप कुप्पीके भीतरवाली हवाको भगा ले जाती है। जब कुप्पी बिलकुल ठंडी हो जाय, बाहरी तल पोंछ कर सुखा लेनेके पीछे तुला दंडके हुकमें लटका कर तौल लो। तौलनेके बाद चुटकी ढीली करके कांच-नलीमें लगा दो, जिससे कुप्पीके भीतर हवा जानेका रास्ता रबर-नलीके खुल जानेसे हो जाय। चुटकी ढीली करते ही हवा 'फुस्' शब्द करती हुई भीतर घुस जायगी और इस ओरका पलड़ा भारी हो जायगा। देखो कितना भार घुसी हुई हवाके कारण अधिक हो जाता है। यही घुसी हुई हवाका भार है। अब यदि यह मालूम कर लिया जाय कि घुसी हुई हवाके स्थानमें कितना पानी भरा आ सकता है तो यह भी मालूम हो जाय कि अमुक आयतनकी हवाका भार कितना होता है। अधिक शुद्धताके साथ भार नापना हो तो तापक्रम और भाप-बलको (vapour tension) जानकर अधिक गणना करनेकी आवश्यकता पड़ती है, जिसकी रीति इस छोटी सी पुस्तकमें नहीं दी जा सकती।

वायुमंडलका चाप या दबाव—किसी भारी चीजको हाथमें लेने या शरीरपर रखनेसे उसका दबाव मालूम होता है। हम देख चुके हैं कि हवामें भी भार है; इसलिए हवा भी एक भारी चीज है। इसका भी दबाव होना चाहिये। परन्तु प्रत्यक्ष तो यह मालूम होता है कि हवाके कारण हम लोगोंको कुछ भी दबाव नहीं मालूम होता। इसका कारण क्या है? विचार करनेसे मालूम हो सकता है कि जिस वस्तुका दबाव मालूम होता है वह ऊपर ही रहती है और दबने वाली चीज या शरीरका कोई अंग नीचेकी ओर। परन्तु दबानेवाली हवा नीचे, ऊपर, दहिने बायें सभी ओर है। इसलिए यदि यह ऊपरसे नीचे-

नलीमें पारेके सिवा वायु नहीं घुसने पावे। इसी अवस्था-में मुँहको दबाये हुए, पारेसे भरे हुए प्यालेमें मुँहको डुबो दो और तब अँगूठा हटा लो। नलीमेंसे कुछ पारा बाहर आ जायगा (चित्र ४६) प्यालेमें रखे हुए पारेके तलसे नलीमें थमे हुए पाराके तलकी ऊंचाई ३० इंचके लगभग रहेगी। नलीमें ऊपर जो स्थान खाली हो गया है वहां क्या है? कुछ भी नहीं। इसकी परीक्षा नलीके ऊपरी सिरेको झुका नेसे की जा सकती है। ज्यों ज्यों नली झुकायी जायगी त्यों त्यों पारा भरता जायगा, परन्तु इसके तलकी ऊंचाई प्यालेके पारा तलसे सदैव ३० इंच रहेगी। जिस समय नली बिलकुल भर जाय उसी समय नली-के सिरेकी ऊंचाई पारा-तलसे नाप लो। इस बार भी ऊंचाई वही होगी जो नलीको सीधी खड़ी रखनेमें थी। यदि फिर नली खड़ी की जाय तो पारा उतरता हुआ दीखेगा पर पारातलकी ऊँचाई सदैव ३० इंचके लगभग रहेगी। इससे प्रत्यक्ष है कि यह खाली स्थान सचमुच रिक्त वा शून्य है। इसमें हवा भी नहीं है। ऐसे स्थानको वायुशून्य (vacuum) कहते



चित्र ४६

है। इसका भेद पहिले पहल टुरीसेली (Torricelli) नामक वैज्ञानिकने पाया था, इसलिए नलीके वायु शून्यको टुरीसेलीय वायुशून्य (Torricellian Vacuum) कहते हैं।

यह स्मरण रखना चाहिये कि पारेकी यह ऊंचाई सदैव एकसी ३० इंच नहीं रहती, घटती बढ़ती रहती है, जिससे पता चलता है कि वायुमंडलका दबाव पारातलपर घटता बढ़ता रहता है। यह घटना बढ़ना प्रति क्षण प्रत्येक स्थानपर लगा रहता है, कभी ऊंचाई स्थिर नहीं रह पाती, परन्तु समान ऋतुमें यह अन्तर बहुत नहीं बढ़ने पाता। हां, जब वायुमंडलमें अधिक परिवर्त्तन होनेका होता है तब इस बैरोमीटर (Barometor) या वायु-भार मानके पारेकी ऊंचाई-में भी बहुत अन्तर पड़ जाता है।

चित्र ५६ में दिखाये हुए सरल यन्त्रसे एक ही स्थानमें रखकर काम ले सकते हैं, फिर भी ऊंचाई नापनेकी कठिनाई कुछ कम नहीं होती। जहां दशमांश इंचके भी दशमांश परिमाणका अन्तर मालूम करना पड़ता है वहां यह बेचारा क्या काम दे सकता है क्योंकि अन्तरकी शुद्धता नापकी शुद्धतापर एक दम निर्भर है। ऐसे कामोंके लिए कोई ऐसा यन्त्र होना चाहिये जिसमें बार बार नापनेका बखेड़ा न करना पड़े। इसी कठिनाईको दूर करनेके लिए पारेकी कटोरी और कांच-नली अलग अलग नहीं लेते वरन् दोनोंका काम एक नलीसे निकालते हैं। यह नली ४० इंचके लगभग लम्बी लेते हैं। इसका एक सिरा बंद रहता है। दूसरे सिरेके पास ६, ७ इंचकी दूरीपर नली U नलीकी तरह मुड़ी रहती है (देखो चित्र ६०)

पारा भरनेकी क्रिया—पहिले खुले मुहमें कीप लगा कर पारा मुँहतक भर देते हैं और अँगूठेसे मुँहको खूब दवाकर बन्द मुंहके सिरेको झुका देते हैं। झुकानेसे पारा बन्द सिरेके पास बडी नलीमें गिरने लगता है और वहांकी हवा ऊपर खुले सिरेके पास चढने लगती है। जब सब हवा मुहके पास आ जाती है फिर उसी तरह पारा भरकर झुकाते हैं। कई बार ऐसा करनेसे बन्द नलीकी सब हवा निकल जाती है। ऊपर वायु शून्यके अतिरिक्त कुछ नहीं रह पाता। दोनों भुजोंके पारातलोंकी ऊचाईका अन्तर वायुमडलके दबावको नापता है।



चित्र ६०

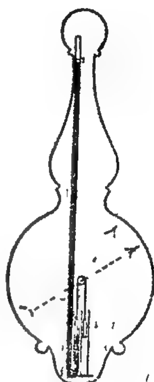
नापनेके चिह्नोंके बनानेकी क्रिया—वायु भार मानकी नलिया ऐसी भी मिलती है जिनमें चिह्न बने बनाये रहते हैं। इनमें अब कोई चिह्न बनानेकी आवश्यकता नहीं पडती। चिह्न न बने हों तो एक सीधे लकडीके तखतेको जिसकी लम्बाई चौडाई वक्र नलीकी लम्बाई चौड़ाईसे कुछ ही अधिक हो नलीमें दो स्थानोंपर अच्छी तरह कस दो जिससे नली लकडीपर खसक न सके। फिर इच, दशमांश इच, नापकर चिह्न बनादो। साधारणत कुल तख्तेपर चिह्न नहीं बनाये जाते, ऊपर नीचे ऊचाईके अनुसार चिह्न बना दिये जाते हैं।

इस तरहके वायु-भार-मान बहुत कम देखनेमें आते हैं। साधारणत ऐसे देखे जाते है जो घडीकी तरह होते हैं और जिनमें लिखा रहता है (stormy) "अन्धड", (rain) "वर्षा", (change) 'परिवर्तन", (fair) "साधारण"

(very dry) "बहुत सूखा", इत्यादि। (देखो चित्र ६१)।



चित्र ६१



चित्र ६२

जहां आंधी लिखी हुई है वहाँ २८ का अक भी दिया हुआ है, वर्षाके साथ २९ का अक दिया हुआ है, इसी तरह और भी समझ लो। प्रत्येक अकका तात्पर्य उस अकसे है जो वायुमडलके दबावको तोलते हुए पारेकी ऊचाईको सूचित करता है। जिस अक और अश पर सुई रहती है वही वायु भार-मानके पारेकी ऊचाई समझी जाती है। वायुमडल-का दबाव बहुत कम हो जाता है तब आंधी आने या वर्षा होने

की सम्भावना होती है। इसी तरह जब दबाव बहुत अधिक हो जाता है तब वायु मंडल बहुत सूखा समझा जाता है।

चित्र ६२ में वायु-भार मानके भीतरी अंग दिखलाये गये हैं, जिनके द्वारा सुई पारेके चढ़ने उतरनेपर घूमती है और ऋतु परिवर्तनकी सूचना देती है।

दबावके कम पड़नेके कारण हवाका पतला होना या हवामें जल वाष्पका अधिक होना या ये दोनों हैं। यदि जलवाष्प अधिक हुई तो वर्षा होती है और जब हवा सूखी और पतली होती है तब जोर की आंधी आती है। यह बात ताप परिवाहनके साथ बतलायी जा चुकी है कि जब हवा तापके कारण पतली होकर ऊपर जाती है तब आस पासकी ठंडी और भारी हवा वेगसे उस स्थानमें आ जाती है। यदि हवा सूखी और ठंडी हुई तो इसका दबाव अत्यन्त अधिक होता है यही कारण है कि दिसम्बर जनवरीके महीनोंमें वायु-भार मानके पारेकी ऊंचाई सबसे अधिक होती है और जून, जुलाईके महीनोंमें सबसे कम।

वायु-भार मान और अन्य बहुत से यन्त्रोंके सहारे ऋतु-परिवर्तन इत्यादिका पता लगाना और उनसे कृषि संबंधी कार्योंके समझनेकी कुशलता प्राप्त करना ऐसी गम्भीर और उपयोगी विद्या है कि इसकी पूरी विवेचना करनेमें कई पुस्तकें तैयार हो सकती हैं, इसलिए यहां उसका थोड़ा सा ही दिग्दर्शन कराया गया है।

पहाड़ोंकी ऊंचाई नापना—वायु-भार-मानसे वायुमंडलके दबाव का पता चलता है। इस दबावका कारण उस वायुका बोझा है जो पारातलको दबा रही है। यह वायु ५० या २०० मीलकी

ऊचाईतक फैली हुई है। इसलिए यदि यह ऊचाई किसी तरह कम हो जाय तो वायुका दवाव भी कम पड जायगा। सैकडों प्रयोगों द्वारा यह सिद्ध किया जा चुका है कि ज्यों ज्यों ऊपर चढते जाते हैं पारेकी ऊचाई कम होती जाती हैं। मोटें हिसावसे यह कहा जा सकता है कि प्रति ९०० फुट ऊचाईके चढावमें १ इच पारा नीचे खसक आता है। इसी प्रकार ९०० फुट नीचे जानेमें पारा १ इच ऊपर चढ जाता है। समुद्र-के समस्थलमें पारेकी उचाई साधारण तापक्रमपर ३० इञ्च होती है। इस मोटे हिसावसे पहाडोंकी ऊचाईका भी पता चल सकता है।

यह स्मरण रखना चाहिये कि यह हिसाव बहुत ही मोटा है। कुछ दूर तक तो ठीक ठीक ऊचाईका पता चल सकता है किंतु बहुत ऊपर हवाके बहुत पतले हो जानेसे और; हिसाब लगाना पडता है।

अनार्द्र वायु भार मान—लचीली धातुकी चद्दरोंका एक प्रकार-का वायु भार-मान वनाया जाता है। इसमें पारा भरनेकी आव-श्यकता नहीं पडती इसलिए एक स्थानसे दूसरे स्थानको ले जानेमें आसानी पडती है। ज्यों ज्यों वायुका दवाव बढ़ता जाता है चद्दर दवती जाती है और उसमें पेचों द्वारा लगी हुई सुई घूमती जाती है। इसी तरह दवावके कम होनेसे चद्दर उठती जाती है और सुई उलटी घूमने लगती है। ऐसे यन्त्रको अनार्द्र वायु-भार मान ('Aneroid Barometer) कहते है।

अभ्यासार्थ प्रश्न—२१

(१) यदि पारेके स्थानमें पानी वा ग्लिसरीन का प्रयोग किया जाय तो वायु-भार-मानकी ऊचाई क्या होगी? पारा पानीसे १३.५ गुना भारी है और ग्लिसरीन पानीसे १.२६ गुना भारी है।

(३) ·०००३५ व० मी०
(४) १ ५०३ व० सें० मी०
(५) ·०८० व० डे० मी०
(६) ७९६ ०६ व० सें० मी०
(७) १३३६५१ व० मि० मी०
(८) $\frac{111}{144}$ वर्ग गज़
(९) ३० वर्ग गज ५ वर्ग फुट
(१०) ३$\frac{7}{1296}$ वर्ग गज

५ [पृष्ठ ३५, ३३]

(१) १०० व० सें० मी०
(२) [१] ९००० व० सें० मी०, [२] ३ ४५ व० फु०, [३] १९$\frac{13}{36}$ वर्ग गज़
(३) [१] २२५ ७ डे० मी० [२] २० फुट
(४) १५०० व० फुट (५) ११७ पेड (६) २८ टुकडे, $3\frac{4}{11}$
(७) २३ रु० ६ आ० ४$\frac{4}{5}$ पा० (८) २५४ व० मी० (९) १० रु० १ आ० ८ पा०

६ [पृष्ठ ४०]

(३) ८४८ व० सें० मी०, १३५ व० फु०, ३ व० ग० ३ व० फु० ११७ ५ व० इं०
(४) १७ ४१ व० सें० मी०

७ [पृष्ठ ४४, ४५]

(१) [१] ९ ६१६ व० फुट, [२] ३१४ व० डे० मी० [३] ११६७९ व० सें० मी० [४] ३०५८ ६ व० मी०
(२) ·९९२ (३) ८ १६५ फुट, ५ ७७ फुट
(४) जल्दी ७ मि० १८ सेकंड पहले भर जायगा। (५) ३२०८ ६ फुट

८ [पृष्ठ ५३]

(१) २५०० घन हाथ (२) २४ (३) ९३७$\frac{1}{3}$ मन
(४) १३५० घ० फु०

९ [पृष्ठ ६४]

(१) ३ लीटर (२) २०० (३) १६३८७ (४) ११$\frac{१}{८}$ फुट
(५) ८ दिन

१० [पृष्ठ ६८, ६९]

(१) ३७२३ ४ घ० सें० मी० (२) १०७१ ८८ घ० फुट
(३) १८८४ घ० फुट (४) २५७२ ६१ घ० सें० मी०
(५) ११ ०२ सें० मी०, ७३५ लगभग
(६) ११७४ क० १३ ग्रा० (८) १ ८८ मि० मी०

११ [पृष्ठ ७५]

(१) १८८४ सेर (२) ५३१ ७१ घ० इ० (३) ४९७१ ६६ घ० इ०
(४) १३३ ९७ घ० इ० (५) ४७१/१६०००
(६) बेलन का घनफल π अ^३, छत्तसूची का घनफल $\frac{१}{३}$ π अ^३
गोलार्द्ध का घनफल $\frac{२}{३}$ π अ^३
(७) ११३ १०५ घ० ग० (८) २३७६४ ५ × १०^९ घनमील
(९) ४९ ६ घनइंच

१२ [पृष्ठ ९१]

(३) लन्दनमें अधिक, मद्रासमें कम। (७) ६३ घ० सें० मी०
(८) ८८ ५५ ग्राम (९) ६ ३४२ किलो ग्राम

१३ [पृष्ठ ९४]

(१) ७ २ ग्राम प्र० घ० सें० मी० (२) ३८ ग्राम प्र० घ० सें० मी०
(३) ७५ ग्राम प्र० घ० सें० मी० (४) १० ५ ग्राम प्र० घ० सें० मी०
(५) ८६२ ग्राम प्र० घ० सें० मी० (६) जल

१४ [पृष्ठ ९६]

(१) ७२० ग्राम (२) ४८·५४ घ० सें० मी० (३) १२
(४) २ २२ घ०सें०मी० (५) ४३४ सें० मी० (४) ००७४ सें० मी०

१५ [पृष्ठ १०६, १०७]

(१) ५५६ ३ पौंड प्रति घन फुट (२) २३९ ३६ ग्राम
(३) ४ सें० मी० (४) ०२४६ सें० मी०
(५) १००२८६ सें० मी० (६) ७७ २३ ग्राम (७) ३३४ ग्रेन
(८) मिलाम्टी (९) ७ ७ (१०) ६६ ९४ ग्राम

१६ [पृष्ठ ११६, ११७]

(१) ५ (२) १ (३) ३६ ४२ घ० सें० मी०, ७ ५५
(४) ८१७ इंच (५) १ ३१२ फुट (६) १४० ६२५ पौंडका भार
(८) ७४, ८० ५ पौंड (९) ६ २१
(१०) २ ६२ ५ ७७ घ० सें० मी०
(११) ५० ०५ ग्राम (१२) ५१ १०४ ग्राम
(१३) ९ ६७ घ० सें० मी० (१४) १ ३२५
(१५) २ ३२ (१६) ८७

१८ [पृष्ठ १४३, १४४]

(१) १५४ ४°फ, ७१ ६°फ़, २३°फ़, १ ४°फ़
(२) ९७ ७७°श,४४ ४४°श;–४ ४४°श;–२५°श
(३) [क] १७२ ४°फ, [ख] ६७४ ६°फ, [ग] ९५°फ़
(४) [क] ९७ ६१°फ़, [ख] ११५°श, [ग] ९६१°श
(५) – ७°श की अशुद्धि

२१ [पृष्ठ २१२]

(१) पानी की ऊचाई ३३ ७५ फुट, ग्लिसरीनकीऊंचाई २६ फुट ९ इंच

बाबू सूरज प्रसाद खन्ना के प्रबन्ध से हिन्दी साहित्य
प्रेस प्रयाग, में छपा।